KASITEDE
HUHUANYUXIWANG

喀斯特的呼唤与希望

——贵州喀斯特生态环境建设与可持续发展

高贵龙 邓自民
熊康宁 苏孝良 等 编著


贵州科技出版社



KASITEDE
HUHUANYUXIWANG

责任编辑/彭丽蕾　封面设计/石俊生
技术设计/夏顺利



ISBN7-80662-242-X
P·009 定价：35.00元

贵州省“九五”攻关项目[黔科合社字(1998)1156号]
贵州省跨世纪科技人才专项基金项目[黔科合人专字(2000)9808号]

喀斯特的呼唤与希望

——贵州喀斯特生态环境建设与可持续发展

高贵龙　邓自民　熊康宁　苏孝良
杨明德　屠玉麟　苏维词　何　刚　编著

贵州科技出版社
·贵　阳·

图书在版编目(CIP)数据

喀斯特的呼唤与希望:贵州喀斯特生态环境建设与可持续发展/高贵龙等编著.—贵阳:贵州科技出版社,2003.4

ISBN 7-80662-242-X

Ⅰ.喀...　Ⅱ.高...　Ⅲ.岩溶地貌—生态环境—研究—贵州省　Ⅳ.P931.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 012988 号

贵州科技出版社出版发行

(贵阳市中华北路 289 号　邮政编码:550004)

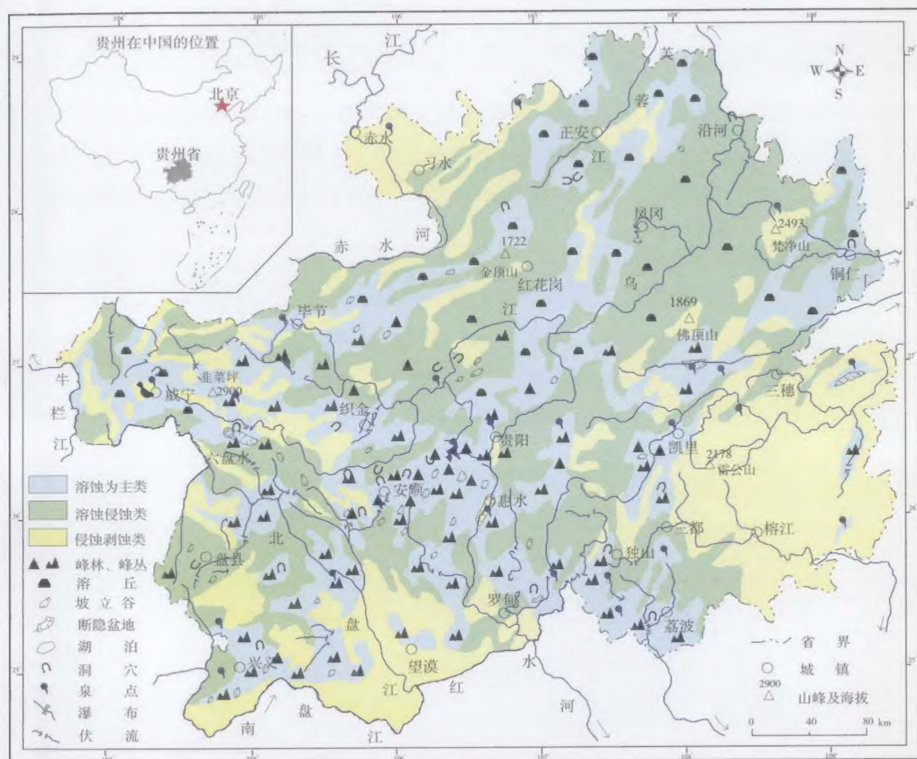
出版人:丁　聪

贵阳佳美印务有限公司印刷　贵州省新华书店经销

850 mm×1 168 mm　32 开本　8.75 印张　彩插 24 面　260 千字

2003 年 4 月第 1 版　　2003 年 4 月第 1 次印刷

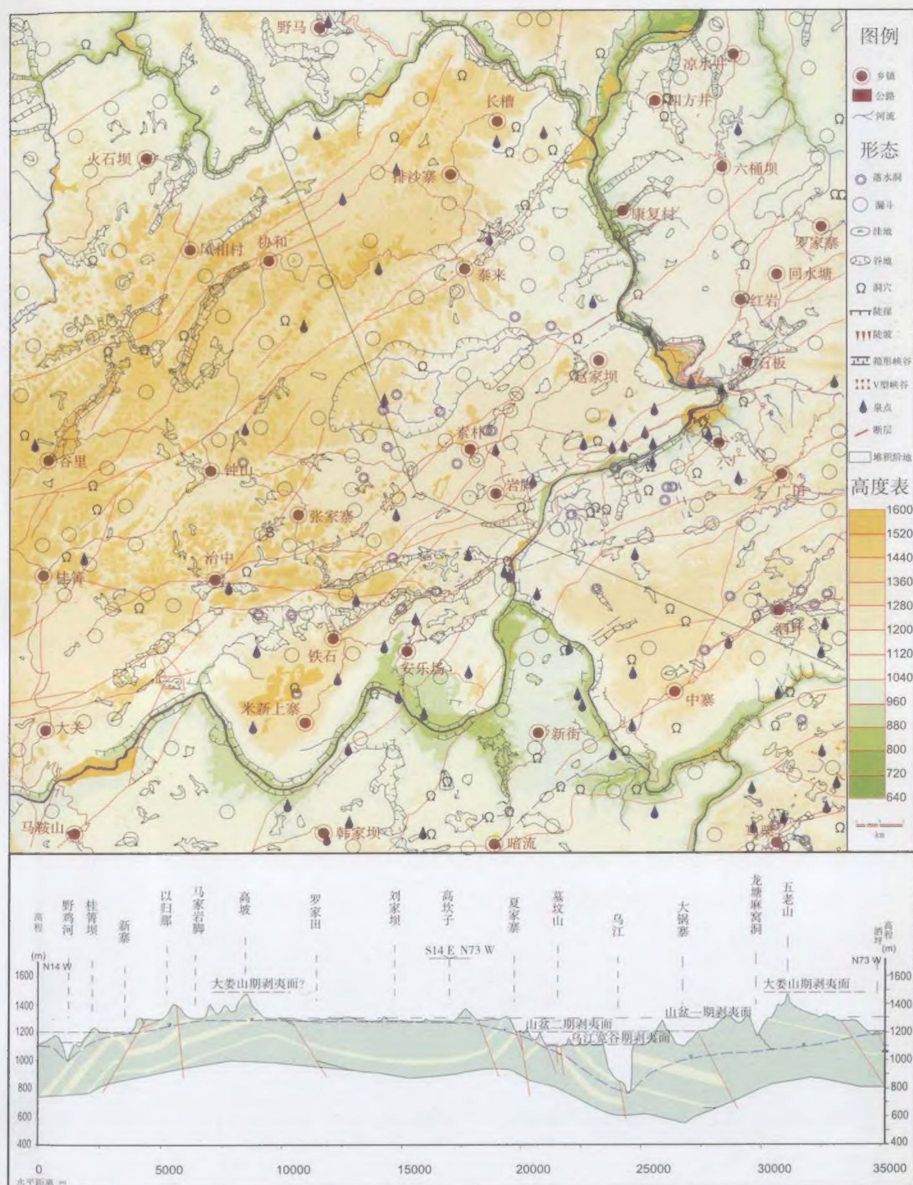
印数 1~2 000　定价:35.00 元


贵州在中国的位置
北京
贵州省
长
江
赤水
习水
赤
水
河
芙
蓉
江
正安
沿河
凤冈
乌
江
1722
金顶山
红花岗
2493
梵净山
铜仁
1869
佛顶山
毕节
韭菜坪
2900
威宁
牛
栏
江
织金
六盘水
贵阳
凯里
三穗
2178
雷公山
安顺
惠水
三都
榕江
独山
盘县
北
盘
江
罗甸
荔波
兴义
望谟
南
盘
江
红
水
河
溶蚀为主类
溶蚀侵蚀类
侵蚀剥蚀类
峰林、峰丛
溶丘
坡立谷
断陷盆地
湖泊
洞穴
泉点
瀑布
伏流
省界
城镇
山峰及海拔
0 40 80 km

贵州喀斯特地貌分布图



贵州喀斯特石漠化分布图（据熊康宁、黎平，等，2002）



贵州乌江中游地区层状喀斯特地貌图



贵州的锥状喀斯特



广西的塔状喀斯特



斯洛文尼亚斗淋喀斯特



克罗地亚石漠化喀斯特



新西兰海岸喀斯特



意大利阿尔卑斯喀斯特



英国冰川喀斯特



美国与加拿大间的尼亚加拉喀斯特瀑布



喀斯特峰丛洼地



喀斯特峰丛谷地



喀斯特峰丛峡谷



喀斯特峰林洼地



喀斯特峰林谷地



喀斯特峰林溶原



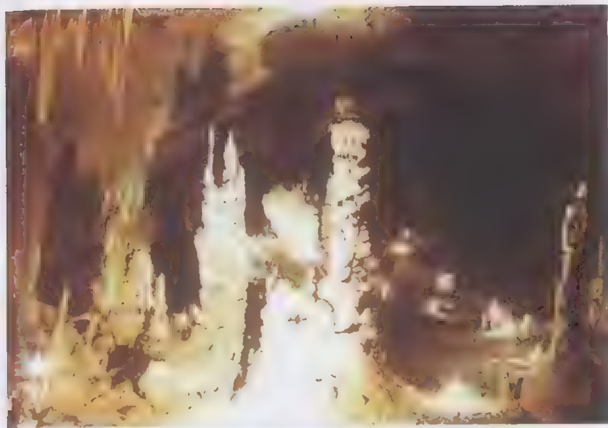
喀斯特峰林盆地



喀斯特峰林台地



黄果树瀑布



织金洞
（朱文孝 摄）



马岭河峡谷



茂兰自然保护区



兴义万峰林



山高水深、石多土少的自然环境



花椒、砂仁、核桃等多样性的生物资源



喀斯特表层水开发与蓄水池修建



猫跳河四级电站的喀斯特管道渗漏

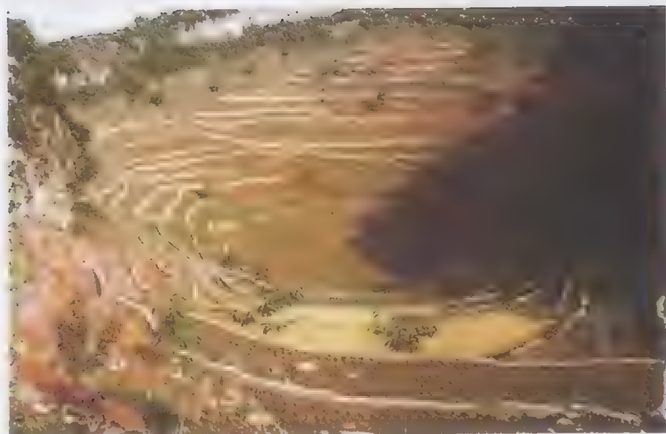


人口压力


人地矛盾


生存环境恶化


生活贫困



典型的喀斯特洼地土地利用



经济开发区占用有限的耕地



土地承包与森林砍伐
（铜仁德江）



陡坡开垦与水土流失
（紫云猴场）



石漠化过程
（清镇王家寨）



旱涝成灾的坡立谷
（安顺龙宫）



公路边的滑坡
（安顺龙宫）



地下水开发引
起的地表塌陷
（水城盆地）



塌陷引起的地表
水污染地下水
（水城盆地）



大气污染
（水城钢铁厂）



喀斯特森林生态
系统结构简单
（关岭永宁）



国家二级重点
保护的濒危植
物香果树
（杨龙 摄）



贵州省科技厅和地方政府组织专家对喀斯特生态环境治理进行联合攻关



"猪-沼(气)-椒(经果林)"生态经济模式（贞丰顶坛）



水土保持与石漠化治理（毕节何官屯）



生态农业与立体农业布局（仁怀隆堡）



封山育林与水土流失控制（毕节织金）



植物地埂（李树）与水土流失控制（毕节黔西）



经果林(桃树)种植与石漠化治理
（贞丰兴北）



金银花种植与石漠化治理
（安龙德卧）



草地畜牧业
（威宁勺圃）



环境移民新村
与集市
（紫云狗场）



退耕还林还草
工程
（贞丰兴北）



坡改梯工程
（关岭板贵）



蓄水池配机械喷灌（关岭板贵）



吊袋灌溉技术（关岭种养场）



劈石造田（罗甸大关）



旅游开发扶贫模式（黄果树下游景区）

内 容 提 要

贵州喀斯特在中国和世界的分布格局中占据重要的地位和作用。本书根据喀斯特形成的自然条件,分析了喀斯特景观的总体特征、地貌类型与结构,以及喀斯特发育演化过程;系统地阐明了喀斯特资源的有限性与特殊性,喀斯特生态环境的类型、特征、自然属性(脆弱性)以及对农业社会经济的正、负效应;全面分析了脆弱的喀斯特生态环境属于贵州重要的"省情",分析了喀斯特地区人地关系失衡产生的后果,即生态破坏、生态恶化、自然灾害频繁、环境污染严重、生物种多样性严重受损、生态系统功能失衡等。贵州在一系列生态建设工程中,取得了一批达到世界水平的研究成果,生态环境治理已初见成效,通过总结成功的治理模式和治理经验,希望对下一步大规模治理生态环境有参考和借鉴意义。本书在科学地阐明喀斯特生态环境特征和开发治理的基础上,提出了喀斯特生态环境建设与可持续发展的战略选择与目标、关键问题与技术、基本对策与保障、发展规划与希望。

本书为政府决策部门和农、林、水、环境、国土等行业主管部门制定生态建设规划、扶贫开发规划,及进一步实施贵州喀斯特生态环境治理与可持续发展提供了科学依据和技术支撑;为高等院校和科研院所地学类师生及研究人员在喀斯特地区研究喀斯特生态环境治理与可持续发展等,提供了理论基础和技术路线。

前　言

中国已加入世界贸易组织,实施西部大开发的战略正在全面展开。对贵州这样一个全国惟一没有平原的喀斯特(karst)山区农业省来说,农业生产、农林经济和社会发展面临更为严峻的挑战,同时也带来了难得的历史发展机遇。

国家在实施西部大开发基本方略中把切实加强生态环境保护的建设放在首位,因此我们必须重新审视贵州的省情——发育强烈而典型的喀斯特生态环境伴生着贫困与经济发展的艰巨性、喀斯特山区丰富自然资源蕴涵着后发性可持续发展的巨大潜力。利弊兼容地分析对待贵州喀斯特生态环境,把生态环境保护、治理与建设作为当前和今后较长一段时间内的紧迫任务,探索解决生态环境建设与经济协调发展,走可持续发展之路,是贵州全省上下各级各界共同面临的历史性课题。

长期以来,贵州各级政府高度重视喀斯特生态环境保护和建设工作,在20世纪80年代,提出了"人口—粮食—生态环境"协调发展的基本思路。1990年贵州省人民政府做出了《关于十年绿化贵州的决议》。在国家大力支持下,以骨干工程为依托,遵循山、水、林、田、路综合治理的原则,以小流域综合治理为重点,结合开发式扶贫和山区综合开发工作,组织实施了"长防工程"、"长治工程"、"珠防工程"、"坡改梯工程",以及联合国组织援助的其他项目(工程)。注重工程措施、生态措施、

农耕措施、技术措施的有机结合,使贵州生态环境恶化的趋势总体上得到一定的遏制,部分区域得到扭转,全省生态环境有所改善。

为与国家制定的《中国21世纪议程》相呼应,贵州编制了《贵州21世纪议程》,并作为首批启动的示范省区,确定反贫困、可持续发展是未来贵州经济社会发展的根本道路。1999年完成的《贵州生态建设规划》,为迎接贵州西部大开发——生态环境保护和建设勾画了一幅壮阔的蓝图。

认识自然是改造自然的基础。在实施西部开发的生态环境大规模建设之际,我们利用有关部门和科技工作者在生态环境研究方面的成果的基础上,经过调查、分析、研究,编写了本书,其目的是进一步系统地认识贵州喀斯特生态环境的本质特征、人地关系、生态破坏原因,总结过去在生态环境治理中的成功经验,探讨生态环境建设与可持续发展途径,以期对今后的生态环境建设有参考借鉴意义。

本书对贵州生态环境的有关问题有以下初步认识:

1. 贵州是中国的"喀斯特省"、世界最大的喀斯特地域

喀斯特(岩石圈)与气圈、水圈、生物圈耦合,构造了喀斯特自然生态环境。世界上有近10亿人生活在占陆地面积15%的喀斯特环境之中。中国960万km^2的土地上,喀斯特分布面积超过124万km^2,约占全国总面积的13%,主要分布于中国南方的贵州、广西、云南、四川、湖南、湖北,以及北方的山西、河北和山东等省,其中以贵州为中心连接桂北、滇东、湘西及川东南等地连成一片的地区所占的面积最大,超过55万km^2,是世界最大最集中连片的喀斯特区。在南方喀斯特山地典型脆弱区

中,贵州喀斯特面积占南方喀斯特典型脆弱区总面积的73.8%,也占全省土地面积的73.8%,从生态环境的角度,贵州是中国的“喀斯特省”。

2. 贵州是以脆弱喀斯特生态环境为主的典型脆弱生态区

喀斯特环境并非都是脆弱的,而大自然赐予贵州人民生存和发展的基本条件,却是一个典型脆弱的喀斯特环境,其脆弱主要表现在:地表崎岖破碎,山高坡陡,基岩裸露率高。环境中水、土要素出现结构性缺损,石多土少,成土速度极慢,形成1 cm土层约需4 000年时间。地表干旱,可利用的水资源短缺。受环境的约束,植物生境严酷,立地条件极差,植物生长缓慢,产出率低,导致整个喀斯特生态环境系统的物质、能量流动不畅,功能低下,表现出环境生态容量低、变异敏感度高、抗干扰能力弱、稳定性差、破坏后水土流失严重,自我恢复能力低,不仅需要很长的时间而且治理的难度大等一系列本质特征。以贵州为主的南方喀斯特山地地区,与中国北方地区的半干旱农牧交错地区、干旱绿洲——沙漠过渡地区、西南山地河谷以及藏南山地地区,构成了中国五大典型脆弱生态区。

3. 人地(环境)关系失衡的地域系统

当前人类面临的人口、资源、环境三大问题,在贵州表现得尤为突出。脆弱喀斯特生态环境,是地球历史发展的产物,不以人们意志为转移。因此,在人地关系中,主要是经济社会系统导致的人地关系的失衡,表现在区位、资源优势与经济发展的错位,人口增长与环境容量失衡,资源开发与产业结构失调,教育科技落后。以致大量的人口被束缚在第一产业上,农业人

口向二、三产业转移困难,对生态环境产生持续而巨大的压力,落入了“耕进—林(草)退—生态环境破坏—经济贫困”环圈旋涡中。

4.脆弱的喀斯特环境严重制约着社会经济的发展

喀斯特环境脆弱性产生经济脆弱性。社会经济的发展受环境和社会经济活动的约束,而环境约束又是基本的,它通过空间条件、资源状况(结构、数量、质量)、环境容量、环境资源开发中隐含的“额外代价”和环境支出等因素,产生环境制约机制。喀斯特生态环境对贵州的社会经济的影响是广泛的,总体来看负面的制约远远大于正面的促进。表现最突出的是通过约束农业资源对农业经济的严重制约,进而制约轻工业和整个社会经济的发展。

5.生态环境治理初见成效,目前的态势是局部好转、总体恶化

贵州近20余年来,在生态环境治理方面做出了很大努力,生态环境治理初见成效,并取得了一些成功的经验,证明退化的喀斯特生态环境是可以治理恢复的,重点治理局域的生态环境恶化得到了根本扭转,森林植被恢复成效显著。但从贵州全省来看,由于治理范围较小,治理力度不足,加之发展与治理的矛盾较突出,全省水土流失面积仍在扩大,土地石漠化速度加快,森林植被好转,但森林总量不足,草地逆向演化,自然灾害频度加快。

6.加快喀斯特生态建设步伐,走可持续发展之路

可持续发展战略可概括为围绕山川秀美的总目标,以合理

利用、保护、改善自然资源生态环境为核心,以优势资源开发为主导,以农产品总量和优化产品质量为根本,以大农业为依托,农、林、牧、副综合协调发展,产、供、销、贸、工、农一体化经营,增加农民收入,控制人口数量,消除农村贫困,实现农村经济、社会、生态效益协调的可持续发展。由于贫困和生态环境互为因果,因此生态建设必须与农村经济发展相结合,同步解决生态环境问题和贫困问题,把生态建设寓于经济建设中是行之有效的基本思路。以生态环境建设为切入点,因地制宜确定大农业产业结构的取向,调整产业结构,使农民增收。一般来说贵州喀斯特环境下的农业是自给型农业,在稳定提高粮食总量的前提下,调整种植结构,推广优良品种,逐步实现农产品优质化。林业是生态型林业,在保证生态效益前提下,建设生态旅游业和林产品加工业。同时,把畜牧业作为产业结构的重点产业,结合生态产业,促进畜牧业支柱产业的发展。

江泽民同志指出:“改善生态环境,是西部地区的开发建设必须首先研究解决的一个重大课题。如果不从现在做起,努力使生态环境有一个明显的改善,在西部地区实现可持续发展的战略就会落空,而且我们整个民族的生存和发展条件也将受到严重威胁”。朱镕基同志指出“生态环境保护和建设是西部大开发的根本和切入点”,他要求“推进黔桂滇喀斯特地区石漠化综合治理”。喀斯特生态环境治理与可持续发展迫在眉睫。在中共贵州省委、贵州省人民政府的领导下,贵州长期以来开展了喀斯特生态环境保护与建设的工作,多学科联合攻关,从理论上和实践上取得了巨大成绩。

为宣传喀斯特及石漠化治理在全国生态环境建设中的重要性,引起社会对喀斯特生态环境及石漠化治理的进一步重

视,以期纳入国家计划发展项目进行重点治理,我们编著了这本《喀斯特的呼唤与希望——贵州喀斯特生态环境建设与可持续发展》,全方位、多角度地展示贵州喀斯特生态环境建设与可持续发展的内容,系统地、科学地总结分析喀斯特生态环境保护与建设取得的成果,全面地、深刻地提高社会对喀斯特这一贵州重要省情的认识,调动社会各界积极参与和搞好喀斯特生态环境保护与建设的自觉性与积极性。

编　者

2003 年 1 月 1 日

目　　录

第一章　贵州喀斯特

——中国的“喀斯特省”、世界最大的喀斯特地域

喀斯特(岩溶)一词来自于前南斯拉夫第纳尔“karst”高原,即石头之意。它是一种自然现象,包括水对碳酸盐岩溶蚀的地球化学过程和形成的地貌形态。喀斯特(岩石圈)与气圈、水圈、生物圈耦合,构造了喀斯特自然生态环境。

喀斯特在世界上分布很广,面积达 5 100 万 km^2,占地球总面积的 10%,从热带到寒带、由大陆到海岛都有其踪迹。其中比较集中分布的地区包括中国南部,越南北部、斯洛文尼亚迪纳里克山区,意大利和奥地利交界的阿尔卑斯山区,法国中央高原,俄罗斯乌拉尔山,澳大利亚大陆南部,美国肯塔基和印第安纳州,古巴及牙买加等地。

中国 960 万 km^2 的土地上,喀斯特分布面积超过 124 万 km^2,约占全国总面积的 13%,主要分布于中国南方的贵州、广西、云南、四川、西藏、湖南、湖北,以及北方的山西、河北和山东等省,是世界最大、最集中连片的喀斯特区。闻名于世的黄果树瀑布、桂林山水、路南石林等即位于这一区域内(图 1-1)。

贵州是一个亚热带强烈喀斯特化的高原山区,喀斯特不仅在中国和世界上占有极其重要的地位,而且成为贵州最重要的基本省情之一。这是因为:

第一,贵州处于世界三大连片喀斯特发育区之一的东亚片区中心,即以贵州为中心连接桂北、滇东、湘西及川东南等地连成一片的地区所占的面积最大,超过 55 万 km^2,是世界最大、最集中连片的喀斯特区,也是世界喀斯特发育最典型、最复杂、景观类型最

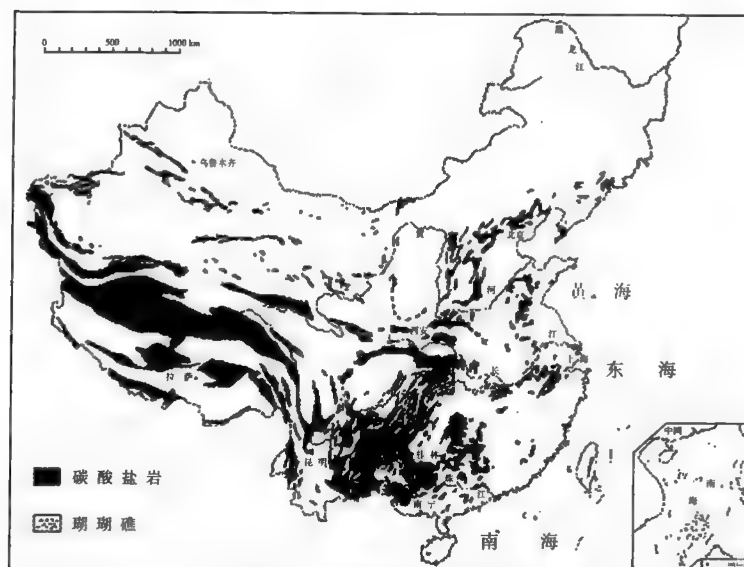


图 1-1　中国碳酸盐岩分布图

多的一个片区(表 1-1)。

表 1-1　　中国喀斯特分布的主要省区

省(区)名称	喀斯特分布面积/万 km^2	占本省国土面积比重/%	备　注
贵州	10.91	73.8	(1)喀斯特分布面积小于5%的省(区)未列于本表。(2)除贵州以外,资料来源于《中国岩溶》,1988(3)。
广西	8.90	37.8	
云南	9.70	26.0	
四川	8.20	15.0	
湖南	5.70	27.3	
湖北	4.10	22.0	
山西	3.30	21.0	
河北	2.20	10.0	
山东	1.70	7.0	

第二,贵州碳酸盐岩出露面积达 13 万 km^2,占全省土地总面

积的73.8%。发育喀斯特的基岩分布之广、厚度之大、相对面积比之高，又比较集中连片，这在全国不仅是独一无二的，就是在世界其他国家也是罕见的。

贵州国土面积为176 167 km^2，碳酸盐岩的总厚度约17 000 m，占贵州沉积岩总厚度的70%以上，其中纯碳酸盐岩厚度约为碳酸盐岩总厚度的62%。而且，从距今6亿年前的元古宙震旦纪到1.89亿年前的三叠纪，每一个地质时代的地层，都有不同厚度不同面积的碳酸盐分布和出露。就是“喀斯特”名称起源地，号称“喀斯特王国”的前南斯拉夫，喀斯特分布面积也仅占国土面积的33%，远逊于贵州。从地质地理环境的角度，贵州称得上中国的“喀斯特省”。

第三，贵州95%的县(市)有喀斯特分布，全省仅有4个县基本无发育，其中喀斯特面积占所在县土地面积的50%以上者，占全省县(市)的75%，喀斯特占70%以上的县(市)达49%。喀斯特分布的县(市)比重之高，在全国也是罕见。

从贵州行政辖区内各县(市)喀斯特分布面积来看，全省除赤水、雷山、榕江、剑河4个县(市)基本无喀斯特分布外，其余县(市)都有喀斯特分布发育。喀斯特分布面积占所在县(市)土地面积70%以上的县(市)共42个，占全省总县(市)数的49%；喀斯特分布面积占50%～70%的共26个，占全省总县(市)数的30%；喀斯特分布面积占30%～50%的县(市)共7个，占全省总县(市)数的8%。就是说全省有95%的县(市)有喀斯特分布，其中面积占30%以上的县(市)有75个，占全省总县(市)数的87%(图1-2)。如果把喀斯特面积比重大于50%的县称为喀斯特县，贵州的喀斯特县共有68个，土地面积占全省土地面积的78.3%。贵州喀斯特分布的县(市)比重之高，在全国也是惟一的。

第四，贵州由于是裸露型、半裸露型的喀斯特的重要分布区，喀斯特强烈发育，水文结构复杂，地貌类型多样，洞穴大多深长，几

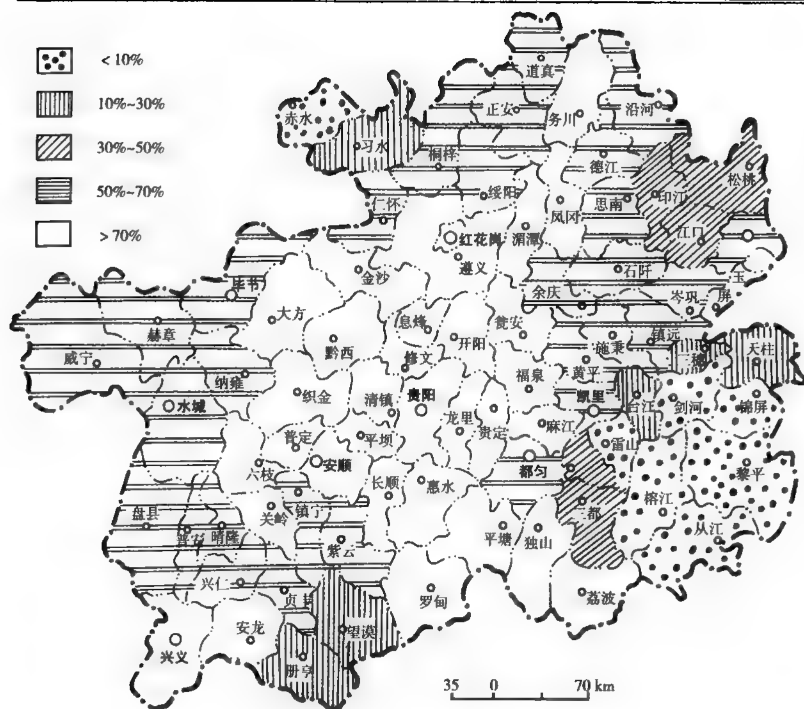


图 1-2　贵州各县(市)喀斯特比例分布图*

平可以见到喀斯特区的所有地貌形态和类型。贵州碳酸岩分布面积广，喀斯特强烈发育，脆弱喀斯特环境效应突出。在地质历史过程中，自距今 2 460 万年的第三纪以来，贵州这一块构造地块，一直处于有利于喀斯特发育的湿润热带和亚热带气候，加上地壳长期间歇性隆升，给这块地区带来了巨大的势能和动能，不仅促进流水强烈的侵蚀切割，使构造地块逐步高原山地化，形成高原—峡谷地貌景观结构，而且溶蚀动力作用促使喀斯特更强烈壮盛发育，高原面被喀斯特切割而进一步被肢解，塑造出世界上锥状喀斯特发育最典型、地域景观类型最丰富的一片喀斯特高原山地，成为中国

* 贵阳市的云岩、南明、花溪、乌当、白云 5 个区未单列，下同。

最著名的喀斯特高原山地区。地表有石峰、峰林兀立，溶丘波状起伏，峰丛耸立绵延与盆地、谷地相嵌，洼地、漏斗、落水洞星罗棋布，石芽、溶沟在地表随处可见，还有奇特的多潮泉、天生桥、穿洞、瀑布等形态。由于喀斯特地表形态极为发育，地形比非喀斯特山地更为破碎，地表崎岖不平。地下形态以溶隙、溶洞和地下河为主，并与碳酸盐岩构成双重含水介质，赋存着丰富的地下水。在贵州喀斯特山区，可以说无处不山，无山不洞，洞穴之多，数以万计。在全国最长洞穴排序中，贵州有 6 个洞穴居前 10 名之列。居全国长度之首的绥阳双河溶洞，实测长度达 70.5 km。而水城法那吴家洞落水洞深达 420 m，是目前国内实测的最深洞。贵州大于 2 km 长的地下河共 1 130 条，总长度 246 km，分别占中国南方五省地下河总数的 38%、地下河总长度的 47%。

第五，喀斯特生境独特，形成一个特殊的环境生态系统——亚热带裸露半裸露型喀斯特生态系统，对自然环境、人类社会和经济发展都产生了多方面的正、负反馈效应。

贵州的地表、地下喀斯特发育，地表、地下二元结构(双层结构)典型。一些溶洞中还有千姿百态的钙质沉积形态，塑造了一个神秘而美丽的地下世界，如美丽的织金洞已成为国家级风景区。裸露型和浅覆盖型喀斯特分布广，是贵州喀斯特发育的又一特征。在风化壳残存之地和洼地、盆地、谷地等负地形之中，土层一般堆积较厚，厚者达 20 m 之多，一般在 2 m 以下，形成浅覆盖型喀斯特区。广布的峰丛山地和石峰坡面上的土层，除溶沟、溶槽、凹坡山麓等地貌部位的土层较厚外，一般在 40 cm 左右，而且有基岩裸露。大于 25°的自然坡地，裸岩率为 15%～70%不等，土层分布零星而不连续，形成半裸露型和裸露型喀斯特，这些地方的生态环境最为脆弱。

第六，贵州具有最典型的一类喀斯特脆弱环境和复杂的人地生态系统，出现的许多严峻的环境问题和经济问题，在全国和世界

喀斯特贫困区都有一定的代表性。这是贵州自然－社会背景中最基本的省情,也是贵州在中国传统农业道路上艰难跋涉、收效不显著的根本原因。

把喀斯特面积比重大于70%的县(市)划为典型喀斯特区(表1-2),那么有1 874.76万人,占全省总人口数的49.38%,人口密度为243人/km^2;国内生产总值为714.80亿元,占全省的59.85%;农、林、牧、渔总产值258.81亿元,占全省的49.99%;粮食总产量582.8万t,占全省的48.83%。如果把喀斯特面积比重大于50%的县(市)划为喀斯特区,那么人口、国内生产总值、农林牧渔、粮食总产量等经济指标在全省所占比重将更大。从生态环境现状看,喀斯特区水土流失面积约占全省水土流失面积的80%,其中,强度侵蚀约占94%,极强侵蚀约占99%。喀斯特区的森林覆盖率也低于非喀斯特区,前者各县(市)一般在10%～30%之间,后者一般大于30%,有的县超过50%。环境污染绝大部分也在喀斯特区。因此,保护和治理好喀斯特生态环境,对贵州社会经济发展的意义重大。

表1-2　　贵州喀斯特县(市)2001年经济社会主要指标

项目 / 喀斯特比重	人口			国内生产总值			农林牧渔总产值			粮食产量		
	总量/万人	比重/%	密度/(人/km^2)	总值/亿元	比重/%	人均/元	数量亿元	比重/%	人均/元	数量/万t	比重/%	人均/kg
>70%	1 874.76	49.38	243	714.80	59.85	3 812.78	258.81	49.99	1 667.46	582.8	48.83	310.87
51%～70%	1 425.39	37.52	233	394.43	33.03	2 767.19	181.44	35.71	1 462.18	446.82	37.42	313.47
31%～50%	151.33	3.98	116	26.51	2.21	1 751.98	20.71	4.06	1 486.93	48.2	4.02	318.51
10%～30%	108.39	2.85	203	17.84	1.50	1 645.58	12.84	2.53	1 283.03	36.61	3.073	37.76
<10%	238.64	6.29	119	40.89	3.43	1 713.26	34.26	6.731	579.73	79.18	6.63	331.8
合　计	3 798.15	100	183	1 194.47	100	2 338.16	508.06	100	1 495.87	1 193.61	100	1 495.87

资料来源:《贵州统计年鉴》(2002年)。

综上所述,贵州是中国一个名符其实的“喀斯特省”,喀斯特构成了贵州最重要的省情之一,喀斯特生态环境建设与经济协调发

展不仅在贵州和中国的喀斯特区,乃至在世界喀斯特区都将具有重要的示范作用。世界著名喀斯特学家 Sweeting 博士 1986 年在贵州考察喀斯特后指出:“世界喀斯特发育的许多理论问题都有待于这里的研究成果而得到解决”。

第二章 喀斯特的基本特征

——典型的热带、亚热带喀斯特高原山区

贵州喀斯特的基本特征可归纳为:分布连续、面积广大的质纯、层厚的石灰岩和白云岩,给喀斯特发育奠定了最雄厚的物质基础;燕山运动构成了贵州喀斯特地貌空间分布基本骨架;高原-峡谷地域结构;热带、亚热带喀斯特上升发育的结构系统和演化系列;强烈发育的热带、亚热带地表、地下二元结构,地貌类型齐全;锥状喀斯特典型发育的高原山地。基于以上特征,喀斯特构成了整个自然景观中最醒目的主体,它以其自身固有的形态、类型、结构和分布,在中国及世界喀斯特中占有极其重要的地位,与周围的云南、四川、湖南和广西相比,具有明显的区域性特征。

一、喀斯特形成的自然环境

贵州具有面积广大、分布连续的碳酸盐岩。贵州碳酸盐岩石多以质纯、层厚、钙镁含量很高的石灰岩和白云岩为主,其总厚达6 200~8 500 m,占沉积盖层的70%以上,而且出露面积占全省总面积的73%,从而给喀斯特发育奠定了最雄厚的物质基础(图2-1)。

贵州由于碳酸盐岩岩层广泛分布,加之地质构造复杂,不仅经向、纬向及扭动构造互相交接、复合、重叠,而且经过多期活动,在第三纪以来长期湿热的热带、亚热带气候环境下,和强烈的大面积、大幅度自东西倾斜上升,并伴以局部断块上升和断陷盆地的相

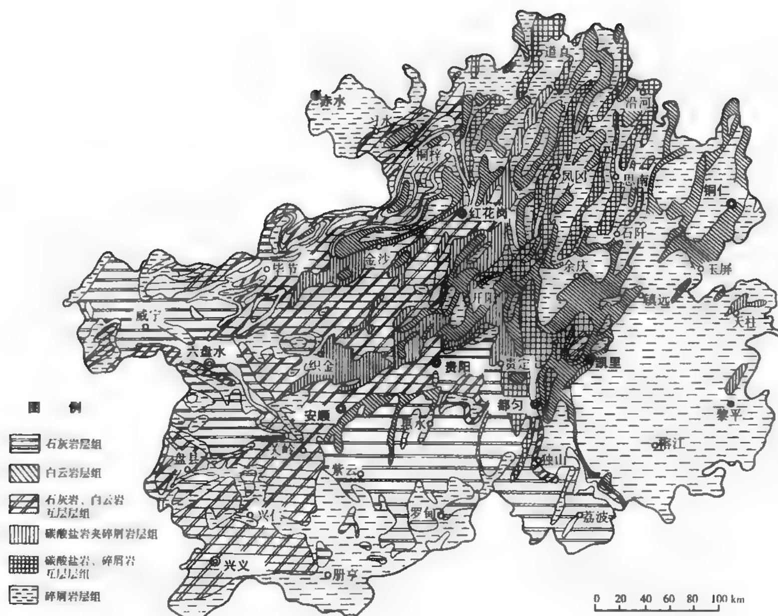


图 2-1　贵州碳酸盐岩层组分布图(据韩至钧、金占省,1996)

对下降的新构造运动控制下,地形切割强烈,地势起伏大,喀斯特发育复杂,区域分异明显,地貌类型多样,水动力条件的区域变化显著。这一切导致了贵州喀斯特发育与周围地区——云南高原、四川盆地、湖南丘陵和广西丘陵相比,表现出独特的区域特性。

贵州喀斯特发展演化的基本特征及其规律性可以归结为:一个热带、亚热带喀斯特上升发育的结构系统和演化序列,地质是喀斯特发育的基础,其外营力对形态的塑造是在一个由热带向亚热带、干旱到湿润和干湿冷暖交替变化过程的地理环境中进行的。因而贵州喀斯特发育演化过程又反映了一种热带、亚热带地貌演化特征。

二、喀斯特景观的总体特征

(一)高原山地显著

贵州位于祖国西南,地处长江和珠江两大水系的分水岭地区。西部最高,中部稍低,并分别向北部四川盆地、东部湖南低山丘陵和南部广西盆地逐渐过渡,东西三级阶梯,南北两大斜坡,平均海拔 1 100 m,最大高差达 2 763 m,形成一个地势较高,内部分异较大,深受河流切割的亚热带喀斯特高原山区。其中,各种高原山地占全省总面积的 87%,丘陵占 10%,盆地(坝子)仅占 3%。因此,贵州实际上是一个高原山区,山地性十分显著,“斗大的坝子也是宝”,是全国惟一没有平原大坝的省份。

(1)地势垂直分异明显:高耸于四川和广西两盆地之间的贵州喀斯特高原山地,处于云南高原向东部低山丘陵过渡的斜坡地带,地势为南北两大斜坡,从西向东呈三级梯面降低(图 2-2)。西部

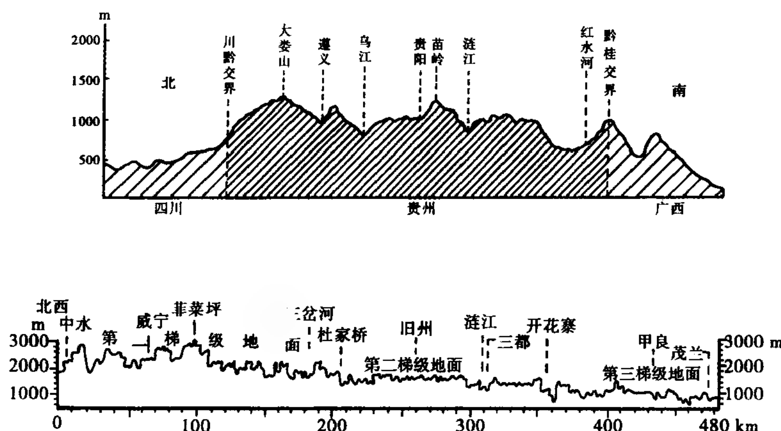


图 2-2 贵州地势剖面图(据韩至钧、金占省,1996)

大部分海拔为2 400～1 200 m，中部1 200～800 m，东部在800～400 m以下。南北两个斜坡地势相差不大，稍向东倾，北部一般为1 800～1 200 m，南部小于1 200～800 m。海拔最低点148 m，最高点是西部的韭菜坪，达2 901 m，相对高差2 753 m。海拔600～1 400 m的面积占全省总面积的67.3%（表2-1）。

表2-1　　贵州地势垂直分异表

海拔高度分级/m	占全省总面积的比重/%	面积/km^2
148～600	10.3	18 171.47
600～1 000	34.8	61 332.98
1 000～1 400	32.5	57 328.36
1 400～1 800	13.7	24 113.04
1 800～2 200	6.2	10 908.15
2 200～2 901	2.5	4 313.00
合　计	100.0	176 167.00

（2）地表崎岖破碎。由于流水侵蚀切割和喀斯特溶蚀侵蚀切割，地表十分破碎，山地多，平地少，山上石多土少，山是贵州地形的主旋律。贵州的平地小而分散，6.7 km^2 以上坝地共19个，占平地总面积的30.42%，绝大部分平地在0.67 km^2 以下，使贵州成为全国惟一没有平原大坝的省份。

（3）山高坡陡。全省大于10°的坡地面积占85.76%，大于25°的占35.07%（表2-2）。一些峰林石山山坡常达42°～47°，甚至出现悬岩绝壁，不仅给土地利用带来困难，也给水土流失创造了条件。

表 2-2　　　　贵州地面坡度分级及其面积表

坡度等级	面积/km^2	占全省土地面积的比重/%
平　坡(<5°)	10 323.4	5.86
平缓坡(5°～10°)	14 762.8	8.38
缓　坡(10°～17.5°)	38 281.1	21.73
缓陡坡(17.5°～25°)	51 018.0	28.96
陡　坡(25°～35°)	46 543.3	26.42
极陡坡(>35°)	15 238.4	8.65

(二)锥状喀斯特发育典型

在湿热带喀斯特景观中,最典型的类型是锥状喀斯特和塔状喀斯特。贵州高原最醒目的喀斯特景观主体是锥状喀斯特,它们是由两坡对称、平均45°、相对高度十余米到百余米的锥状石峰组成,包括呈鼓架状或笔架状散布在平坦基石面上的峰林和簇状基座相连的峰丛及其与负地形的组合,如峰林溶原、峰林台地、峰林盆地、峰林谷地、峰林洼地、峰丛洼地、峰丛谷地、峰丛峡谷。

峰林景观集中分布在地形平缓的高原分水岭夷平面上,峰体分散矮小,呈星状散布,负地形开阔宽广,河流密集,曲流发育,地下水埋藏浅,泉潭众多。远观石峰成林,拔地而起,琳琅荟萃;近看河流蜿蜒曲折,绿水青山。真有"水似青山带,山如碧玉簪"的桂林山水味道。峰丛林景观多分布在地形起伏、河流切割较大的高地或河谷地区,峰体密集高大,呈带状分布,负地形狭窄封闭,地下水埋藏深,河流深切。远观峰丛层峦叠嶂,连绵起伏,近看洼谷深陷,步行其中颇有"山重水复疑无路"的迷宫感觉。

(三)喀斯特峡谷深切壮观

贵州河流多为山区性河流,坡降大、水流急,下切侵蚀强,河谷常基岩裸露,以V形谷、峡谷、峡谷与宽谷相间分布为主,一些较大的宽谷坝子反分布在大河支流上游高原分水岭区。峡谷段河床狭窄,流急、滩多,且多崩塌堕积形成急流、跌水或险滩,峡谷两岸常见支流形成瀑布跌水注入干流。最著名的峡谷如乌江大峡谷、北盘江花江大峡谷、六冲河瓜仲河峡谷、涟江天生桥峡谷、黔东"三峡"㵲阳河峡谷、马岭河峡谷等。宽谷河段则河谷宽浅,水流平缓,常有河漫滩及阶地发育,形成宽谷盆地。

乌江峡谷一般都在切穿由古生代和中生代碳酸盐岩地层组成的断裂褶皱构造时,即形成喀斯特峡谷或嶂谷,谷壁陡峭、山峰耸峙、谷道狭窄,两岸常有悬挂的瀑布和多层溶洞,谷底有地下河汇入,只在局部流经砂页岩时才形成相对较宽或有阶地发育的宽谷。乌江以峡谷和险滩闻名,素有"天险"之称,其中典型的峡谷地段即有三岔河天生桥峡谷,中、下游的东风(鸭池河)峡谷、乌江渡峡谷、江界河峡谷、构皮滩峡谷,以及下游长66 km由夹石峡、银童峡、土坨峡、王坨峡构成的"乌江三峡"。峡谷中又多险滩为乌江峡谷又一特点,乌江干流有大小险滩170余处,其中特大险滩即达54处。

北盘江黔境干流多形成峡谷,但不同河段因地质构造、岩性和地貌类型不同,河谷地貌特征不同。岔河－茅口段长125 km,河流穿行于喀斯特峰丛山中,河谷呈V型的峡谷,河岸狭窄,谷岸陡峭,滩险林立,80 km河段,落差即达135 m,有险滩50余处。茅口－百层段长116 km,河谷深切,峡谷与宽谷束放相间,其中峡谷段即长达79 km,虎跳峡是典型的喀斯特箱形谷代表。花江峡谷则是峡谷叠置箱形谷的代表,二者谷深均达700～900 m,谷道最窄处仅30～80 m,崩塌形成急流险滩,两岸谷坡悬崖峭壁,飞瀑高挂,溶洞成层,构成最奇特的喀斯特峡谷。而左格、茅口、茅草坪等

处则是镶嵌在峡谷中的宽谷。百层－河口(双江口)段,由于主要是流经三迭系砂页岩地层,河谷侵蚀切割成V形谷。

(四)喀斯特瀑布分布广泛

贵州共有瀑布650多座,还有不少地下瀑布有待查实,故总数偏小。全省除三穗外,各县(市)均有瀑布,其中数量最多的是威宁。在平面分布上有明显的密集区,与岩性组合如可溶与非溶岩层、硬岩层与软岩层常间互分布、岩石抗蚀强度差异大、断层尤其是活动性断裂切割造成较多的破碎软弱带、断块隆升等有关。由于瀑布多位于小河流、河的上游以及小河与大河、支流与干流的汇口处。瀑布流量都较小,矮的瀑布占多数,以小型为主。高的瀑布大都在小河上,瀑宽多在数米至数十米。贵州瀑布总量多,故其总的蓄能大。目前已开发瀑布只占瀑布总数的25%左右。

喀斯特区内的瀑布占全省总数的77%,主要由河流侵蚀而成的瀑布占了很大比重。属喀斯特区特有的落水洞、暗河出口及地下河等三类型瀑布合计占总数的25%,表明了喀斯特作用对瀑布形成的突出影响,而喀斯特区中许多以河流侵蚀为主形成的瀑布与岩石抗河水溶蚀的差异性有关。此外,一些瀑布壁面上有较厚的钙华堆积,一些崩塌型瀑布往往是暗河塌顶所致。在瀑布下游往往有较长的峡谷,谷底有多个深潭,说明瀑布在形成之后有明显的溯源后撤过程,演化历史复杂。如镇宁黄果树瀑布后撤了400 m,黄平大飞水瀑布已后撤1 500 m,贵阳滴水崖瀑布后撤了200 m等。又如关岭三迭水瀑布开始起因于坝陵河下切导致对果姆当河的袭夺,这种袭夺主要通过地表,局部又通过地下进行。但今天分为三级保存下来的瀑布却分别与断层带、落水洞,多含泥质、硅质的岩层以及陡立的成层构造有关。

(五)洞穴形态成因类型齐全

贵州具有喀斯特洞穴充分发育的良好条件,分布着数以万计的洞穴。喀斯特洞穴的探测研究最早可追溯到三百多年前中国明末著名的旅行家、地理学家、喀斯特地貌和洞穴学家徐霞客,而洞穴探测的普及深入是20世纪70～80年代来才开始的。贵州较大的洞穴如绥阳双河洞,长达70.5 km,为国内目前实测的第一长洞;修文多缤洞长21.4 km;安龙笃山板洞,洞长17.8 km,洞中最大的厅堂面积>32 400 m^2,可进入世界大厅纪录;江口白水河洞长22.4 km;罗甸挡海竖井实测深达301 m,水城法那吴家洞落水洞深达420 m,是目前国内实测最深洞。

贵州已知的长度大于5 km,流量大于50 L/s的地下河有1 130条,探明规模较大的有23条。其中,流域面积50～100 km^2的地下河系有3条,100～150 km^2的地下河系有7条,150～200 km^2的地下河系有5条,200～300 km^2的地下河系有4条。300 km^2以上的地下河系是:罗甸沫阳大小井地下河系、独山架桥地下河系、独山天生桥地下河系、晴隆龙摆尾地下河系。

喀斯特洞穴的发育需要具有溶蚀能力的运动水流,需要岩石具有水渗透的空间(空隙)。有的学者认为洞穴形成于地下水面以上,有的主张洞穴多起源于地下水面以下,有的认为多形成于地下水面附近,即洞穴成因的渗流说、潜流说和地下水面说。贵州在喀斯特地貌回春效应未达及、远离主排泄基准河的高原内部,洞穴仍维持着正常的演化序列向充填型溶洞发展,构成以短小精干、琳琅满目为主的洞穴发育区,而且洞穴分支多,分层少,峰顶多见穿洞,峰腰见水平短洞,峰麓发育脚洞,内源水对洞穴形成起重要作用;而喀斯特主排泄基准河附近的洞穴,在地势增加的条件下向地下河回春发育,构成以深、长、大洞为主的洞穴发育区,层状溶洞分布在峡谷两侧和大洼地中,也有一些长大地下水位洞,数百米深的洞

尤为常见，洞穴分支少，长度大，它们的前身就是地下河，而在洞内也易见瀑布。

三、喀斯特地貌类型与地域结构

贵州是一个碳酸盐广泛分布、喀斯特强烈发育的省区，在特定的自然地理条件下，丰富多彩的喀斯特地貌存在着正、负地形的明显反差，它们之间在形成过程中相互伴生，且有一定的成因联系，在空间分布上相互并存，且有一定的组合规律。这种成因联系和组合规律不仅反映了不同成因、不同构造控制和不同发育阶段上的地貌发育特征，而且还奠定了形态成因类型的划分基础。

(一)喀斯特地貌类型

中国早期的地貌学家根据湿热带喀斯特山峰基部的连接性提出了两种模式，即基座相连的峰丛和呈孤立状散布在碳酸岩面上的峰林。然而针对湿热带喀斯特地貌形态成因分类，我们强调的不仅是正地形，而且还应当考虑负地形。由于负地形是溶蚀营力集中和作用的中心，在喀斯特地貌的发育过程中有时显得比正地形更重要。

1.峰丛洼地喀斯特系列

锥峰与洼地、谷地或峡谷的组合，平面上正地形所占的面积大于负地形的面积。锥峰(丘峰)基座相连，相对高度100～250 m，峰顶参差不齐，向区域地形坡向倾斜。地下有管道流，有时形成地下河。

在峰丛洼地类型中，洼地深陷封闭，具有多边形特征，为圆筒状、漏斗状或盆状，大小不一。底部高差悬殊，也向区域地形坡向逐级降低，岩石裸露，地下常发育有斗淋或落水洞。

在峰丛谷地类型中，谷地窄而通畅，系洼地沿构造走向发育演

化而来的喀斯特干谷,有些则为早期化石河网所在的古河道,谷底相对平坦,一般无现代地表河,大多岩石裸露,少数覆盖有残积和坡积物,斗淋、落水洞发育。

在峰丛峡谷类型中,峡谷是因高原晚期强烈抬升,主河迅速下切数百米形成,谷窄水急,比降大、冲积物不发育,谷坡陡直,深切呈“V”形、箱形甚至裂谷形。周围的洼地因回春发育成岩石裸露的深洼,与峡谷相辉映。

峰丛洼地喀斯特系列的生态地貌特征为裸露型喀斯特,以常绿阔叶落叶喀斯特植被、石灰土为主,渗漏强,地下水深埋,地表缺水干旱,土层薄,分布不连续,多旱涝洼地。农业生产上的功能效应以旱地坡耕地为主,农业集中于洼地,易旱易涝,水利化程度低,水、土、肥不协调,空间变化大,农业结构单一,农业综合生产量低而不稳。

2.峰林洼地喀斯特系列

锥峰与洼地或槽谷的组合,正地形所占的面积与负地形所占的大约相等,实际上这是一种峰丛洼地喀斯特与峰林平原喀斯特过渡的系列。锥峰(丘峰)呈孤立状散布在洼地或谷地周围,相对高度 100~200 m 不等,峰顶起伏小,没有明显的倾向。

在峰林洼地类型中,洼地是大而浅的多边形特征,底部等齐,平坦开阔,覆盖有较薄的残积层,常有斗淋和落水洞发育。

在峰林槽谷类型中,谷地纵向延伸,或系洼地沿构造走向合并而成的基面坡立谷,或因河流横向展宽所致的现代河谷,或二者兼有。谷底接近基面,宽缓开畅,边缘井泉广布,河流冲积物发育。

峰林洼地喀斯特系列的生态地貌特征为裸露型喀斯特,常态植被与石灰岩植被共存,黄壤、黄红壤、石灰土共存,河流稀少,地下水埋藏中等,分布不均,谷地是主要农业区。农业生产上的功能效应为水田比率增加,以旱地为主,水、旱兼作,坝田坝土比率增加。

3.峰林溶原喀斯特系列

锥峰与溶原、盆地或台地的组合，正地形的面积远远小于负地形的面积。锥峰(丘峰)呈孤立状点缀在平坦的碳酸盐岩面上，相对高度 50～150 m 不等，峰顶等齐，没有明显的倾向。石峰基部现代地下河式洞穴、洞穴甚为发育。地下水系开始向地表转化。

在峰林溶原类型中，平原为切平构造的喀斯特准平原，平坦开阔，接近基面，河流明暗相间，潭湖众多，覆盖有较薄的残积层。

在峰林盆地类型中，盆地多系喀斯特准平原沿新构造断陷所致的构造坡立谷，有的则为向斜构造基础上发育起来的盆地，多具有封闭宽大、向心水系发育、河湖相沉积物较厚、沿构造走向延伸的特征。

在峰林台地类型中，台地系喀斯特准平原因新构造断块抬升所致，台面平坦开阔，许多新近的落水洞和斗淋沿断裂发育。

峰林平原喀斯特系列的生态环境特征为半裸露型喀斯特，以常绿阔叶林、黄壤为主。地表、地下水系都较发育，地下水埋藏浅，相对均一，存在相对地下水富水带。土层较厚，分布连片，保水保肥力增强，水利化条件较好。农业生产上的功能效应为坝田坝土为主，以水田为主，水、旱兼作，水利化程度较高，复种指数较高，多种经营有发展，农业综合生产量较高。

(二)喀斯特地域结构

贵州是一个隆起于四川盆地和广西丘陵之间的亚热带喀斯特高原山地地区，属云贵高原的东延部分。由于碳酸盐广泛分布，晚近期喜马拉雅造山运动的强烈构造抬升和自第三纪以来就受到热带、亚热带湿润气候环境下河流侵蚀作用的影响，形成了显著的喀斯特高原—峡谷结构，亦即是由两大显著差异但又密切相关的地域单元——高原区和峡谷区共同组成。高原—峡谷地貌景观是贵州宏观地域上最基本的特征，它由地貌类型、发育过程完全不同而

又密切相关的高原区和峡谷区两大地貌单元组成。不仅喀斯特地貌类型从高原到峡谷，呈现出峰林盆地→峰林谷地→峰丛洼地→峰丛峡谷的逐类区带分布，生态环境也随之出现明显的变化(图2-3)。

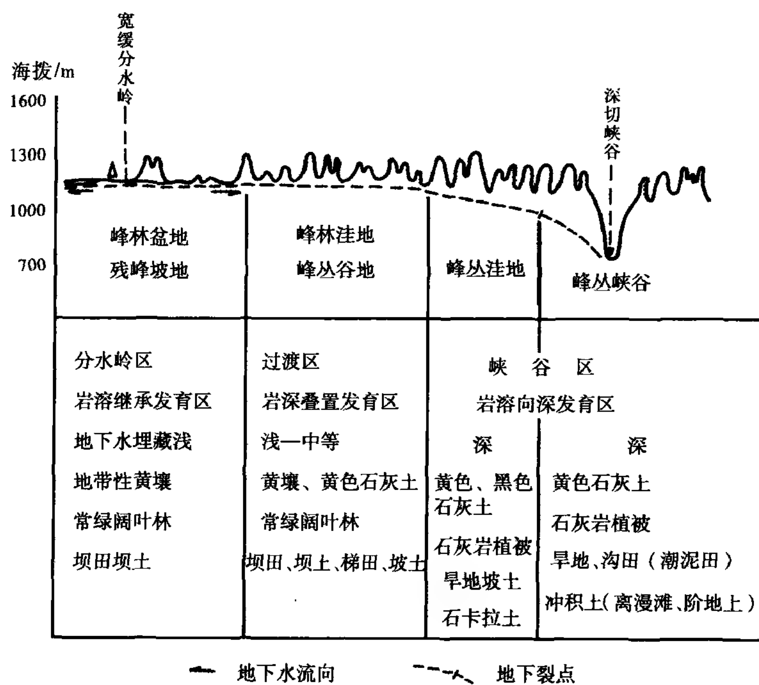


图2-3　贵州中部高原－峡谷区地貌环境更替示意图

1.喀斯特高原区

高原区以剥夷面为核心组成，分布在各大河及主要支流的上游分水岭高原面上，即分布在长江和珠江两大水系的分水岭地区。新构造运动大范围抬升，地势高起于周围谷地600～1 000 m，河流溯源侵蚀尚未达及，是贵州喀斯特滞后发育或继承性发育区。地势较高，海拔多在2 200～2 400 m(威宁、赫章一带)、1 600～1 800

m(六枝、水城一带)、800～1 200 m(贵阳、安顺一带)之间。起伏较小,相对高度一般200 m以下,河谷宽缓,阶地发育,河网平均密度约0.12,河流比降一般小于2%,呈一种宽缓的分水岭型高原区。地面常覆盖一定厚度的土层,最厚处可达20 m,表层发育反映生物气候带的黄壤、红壤或黄棕壤。地下水埋藏浅,多不超过20 m,是人口密集的农业集中区。

由于地面相对平坦,大面积的锥状峰林与宽广的盆地、谷地、洼地构成一套峰林溶原、峰林盆地、峰林谷地和峰林洼地等峰林地貌景观,具浅覆盖型喀斯特的特性。即溶原面上缓丘高地上覆盖有数米至数十米厚的淋滤残余红粘土风化壳,壳下常有石沟、石芽发育,并向下尖灭,反映出是在土下形成的。当然,在分水岭附近的海拔高程上,也有一定面积的裸露溶原,如安顺西北飞机场一带、六枝大用等地,在溶原面上的浅洼地、谷地中才有第四纪粘土堆积,但仍表现为组成原面的地形面有切平构造现象,这可能是原来不厚的风化壳受到后来的剥蚀使大片基岩出露的缘故。

土地类型为亚热带溶原丘坝,由于地形开阔,获光条件好,光温积相对较高,利于喜光作物生长。土壤以地带性黄壤、红黄壤或黄棕壤为主,且因地形起伏小,谷宽流缓,地下水埋藏浅,分布相对均一,常有开采条件好的地下水"富集带",因而水利化条件好、程度高。耕地以坝田、坝土为主,比较集中连片,土地垦殖指数较高可达30%以上,有利于农业集约化及规模经营,且因开发历史早,交通较便利,城镇发展快,规模大,有利于促进农业商品经济发展,是贵州农业相对发达区。

2.喀斯特峡谷区

喀斯特峡谷区通常分布于河流中、下游高原区的两侧或周围,即以深切的河谷为主体构成,多分布在各大河及主要支流中下游的高原边缘峡谷中。新构造运动强烈抬升,河流普遍下切300～700 m不等,说明侵蚀作用强烈,是贵州喀斯特叠置发育区。河谷

深切成峡谷或嶂谷，河流比降通常大于 $7/10^3$，河网密度约 0.75。地势虽低，海拔小于 800～140 m 不等，但起伏较大且陡峻，相对高度常达近 1 000 m 左右，是一种相对狭窄的河谷深切区。

地貌为峰丛洼地、峰丛谷地，洼地密度可达 3～4 个/km^2。地表破碎崎岖，地势起伏大，常达 300～700 m。地面土层薄而不连续，仅在洼地、谷地中才有较厚的土壤，且以非地带性的石灰土类为主要土种。地表河稀少，并且从高原区流入峡谷区后，常潜入地下而成为伏流，以喀斯特大泉或地下河的形式汇入峡谷河流，长大的洞穴也分布在这一地区。山高水低，地表干旱缺水。这类地区裸露型喀斯特分布面积广，裸岩面积大，植物生境严酷。

由于地表破碎、崎岖不平，大面积的锥状峰丛与深切的谷地、洼地构成一套峰丛谷地、峰丛洼地、峰丛峡谷等典型的裸露型峰丛地貌景观。石漠化严重，土层极薄而零星，仅在一些洼地中有厚度不大的第四纪松散沉积，发育成年幼的石灰土。由于岩组结构上的原因，在一些地区因二叠系茅口灰岩(P_{1m})上覆玄武岩($P_{2\beta}$)盖层，形成小面积埋藏型喀斯特。一旦河流下切至灰岩，即导致下部喀斯特的强烈发育，甚至形成两种结构的沟谷，上游是发育在玄武岩上的冲沟，下游则是有泉水出露形成涓涓细流的喀斯特沟谷，谷坡发育成层的溶洞，且不少溶洞的发育与水沿上覆玄武岩节理下渗有密切的关系。

土地类型为亚热带石山溶洼峡谷土地，光、热、水、气、土的地形再分配显著，垂直分异明显，有所谓"一山有四季，十里不同天"之说。洼地、峡谷、阴坡光照时间短，光温积低，地面切割强、坡度大、土层薄、分布不连续，保水、保土能力差，水土流失严重，土壤以熟化程度低的石灰土类和粗骨土普遍，以坡耕地、旱地为主。由于地下水埋藏很深，河水位低，水低田高，田土分散，利用条件差，水利化程度低，且田土易旱易涝，多"望天田"和"三跑土"，因而土地承载容量低。由于交通闭塞，对外联系差，封闭式的自给自足小农

经济思想意识的反馈作用，促使了小农自然经济的“超稳定性”，长期处于农业发展缓慢，生产结构单一，经营方式落后，经济落后，人民生活贫困。贵州的贫困区大多位于这类地貌区，如麻山贫困山区。

四、喀斯特的发育演化过程

贵州喀斯特地貌具有复杂的地质—地理环境和发育历史。雪峰运动使江南古陆上升，且因气候变冷，发生冰川，形成周围有厚达1 000 m以上的震旦纪冰碛层，是贵州喀斯特具有喀斯特地貌意义的第一发育期。寒武纪后发生巨大变化，尤其在加里东运动中，黔中纬向隆起上升为陆，以息烽、开阳、余庆为中心隆起形成一个EW向的隆起带，使中上寒武系受到强烈的喀斯特化作用，造成黔中地区下中古生代沉积岩层的重大缺失，并使石碳系和二叠系地层直接不整合覆盖在中上寒武系地层上，这是一次很大的喀斯特化时期。三叠纪印支运动后，贵州开始隆起为陆，结束了屡遭海侵的历史。燕山运动不仅使贵州进一步隆升，更重要的是发生了有史以来最强烈的褶皱断裂，为喀斯特发育打开了新的一页，经历一系列最显著的喀斯特发育过程，构成了今日喀斯特地貌的基本骨架。第四纪内外营力的活跃性，就其新生代的喀斯特演化史而言，它是一个继续隆升为高原的历史。从此，贵州喀斯特进入了一个新的发育时期，即经历了大娄山期褶皱断块山地—盆地形成阶段、山盆期峰林与峰丛喀斯特发育阶段、乌江期喀斯特高原—峡谷形成阶段等重要的发育时期。因此，贵州喀斯特演化至今的基本特征及其规律性可以归结为：一个热带、亚热带喀斯特上升发育的结构系统和演化序列，地质虽然是喀斯特地貌发育的基础，但塑造其形态的外营力是在一定的地理环境中进行的，反映了一种热带、亚热带高原山地喀斯特的演化特征。

(一)褶皱断块山地－盆地形成阶段

白垩纪末燕山运动后到第三纪中期喜山运动以前,以太平洋板块对中国板块的西向压力作用为主。在晚白垩世—渐新世时期,随着燕山运动的过去,贵州构造运动转为以断块运动为主,在因燕山期构造运动造成的起伏不平的地貌背景上,广泛发育山间断陷盆地,山地地貌更趋复杂化。

当时北回归线更为偏北,西藏高原尚未隆起。贵州在行星风系占优势的古副热带高压控制下,处于一种热带疏林草原气候。气候炎热干燥,而又不时大雨滂沱,洪峰迭起,巨砾、砂石更大量地被搬运到盆地边缘或山谷之中堆积下来,形成本区厚度达 300 m 左右、以砖红－紫红色砂岩和砾岩为主的茅台群沉积。只在盆地中部的大小湖盆内,始见较多的砂泥质沉积。

同时,剥蚀—侵蚀作用亦因之更为强烈,贵州高地不断受到剥蚀,低处一些断陷盆地进行着大量的堆积,地势逐渐近于平缓,形成了第一次夷平化—大娄山期,可能构成了目前最高一级(黔中海拔 1 400～1 500 m 以上山峰顶齐面为代表)的喀斯特剥夷面,具有切平构造的残丘。剥夷面上残留喀斯特地貌形态多为一种坟丘状,未见强烈而深度的喀斯特化,或许也是由于当时干热的气候环境不利于峰林喀斯特发育。当时东西南北地势高差不大,但都因遭后期的破坏、变形,甚至与晚第三纪剥夷面重合,残留不多,在一些地区难以辨认。

从贵州全省大娄山期剥夷面广泛存在的相关沉积——茅台砾岩来看,是一种由底部山麓相、洪积相砾岩到中上部湖、河相红砂岩及泥岩堆积,其间常夹石膏,并发现有雷兽(*Brontorthariidae*)、脊齿鼷、鹿(*Lophiomeryk sp.*)、马(*Equidae*)及球果螺(*Strobilops sp.*)等化石,也反映了构造运动逐渐宁静,剥蚀作用逐渐占主导,在堆积中是一种干热甚至有暴雨的气候特征。

(二)峰林、峰丛喀斯特发育阶段

大娄山期剥夷面形成约在渐新世到中新世发生了喜马拉雅运动,使贵州抬升产生地势差异,破坏了大娄山期夷平面,再次发生系列夷平,并使茅台红层也发生褶皱的断裂。由于抬升断裂,剥蚀作用又获得了新的动能。到上新世,太平洋板块和印度板块对中国板块的应力作用相对平衡,贵州地壳处于相对稳定状态,断块活动大大减弱,夷平作用广泛进行。经过长时间的剥蚀夷平,在后期形成了宽广开阔、略有起伏的准平原地形。

贵州晚第三纪地层保留极少,仅于施秉翁哨及云南昭通盆地相邻的威宁中水高坎子有小范围的湖沼相和河湖相砂泥岩与褐煤分布。早更新世早期(距今约240～340万年前,有人划归上新世)的河湖相粘土和砂砾层,在黔西北威宁一带,分布于残留的准平原面(剥蚀夷平面)上,为准平原化时期的相关沉积。根据第四纪组成物质及风化程度的特点,更新世早期气象较湿热些,很利于喀斯特发育。近年在黔东施秉翁哨一断陷谷地中,见有厚达220 m的河、湖相灰绿色含泥粘土,或粘土夹褐煤及黄色粉砂,具底砾含有短齿兽(*Brachyoduo sp.*)、短沟螺(*Semiscolpis sp.*)等化石,成为该亚期的残余相关沉积,时代鉴定为上新世命名翁哨组,表明当时是一种暖湿的热带气候。在较高层溶洞中,常有华南更新世晚期的"剑齿象—大熊猫动物群"中常有的化石,如剑齿象、鹿、马、中国犀牛等化石。

这时由于副热带高压消失,古季风气候的加强,气候温暖湿润,喀斯特作用十分活跃,大量复杂深邃洞穴形成,是中新生代喀斯特作用的鼎盛时期,形成以高原缓丘和宽谷平坝代表的山盆期地面:起伏小,以大型峰丛洼地、坡立谷或浅丘式峰林槽谷为代表,并为较厚的红色残积风化壳覆盖,是在低海拔湿热的气候条件和宁静的地壳运动环境下,长期夷平过程中形成的。

这个阶段末的早更新世晚期(距今约70～240万年前),断块活动又有所加强(伴有褶皱),夷平面随之被分割破坏,断裂谷地中留下河湖—湖沼相沉积物。此时,气候显著变冷,在若干地区,留下冰川—冰缘相堆积。此阶段之后,地壳开始又一次较强烈的隆升运动。

(三)喀斯特高原-峡谷形成阶段

第四纪以来,印度板块对中国板块的西北向应力作用,使新构造运动以大面积、大幅度的自西向东间歇性掀斜隆升为主,局部伴以一定的断块升降。在这种构造背景下,河溪纵横,峡谷深切。前期形成的海拔较低、起伏不大的统一夷平面,被割切成支离破碎的山原面,而且呈现西高东低的态势。这阶段贵州地面的新构造隆升量,如果可以认为前阶段夷平面形成时,其海拔高度与当时海面相差不大的话,则可达数百米(东部)乃至1 000～2 000 m(中部到西部)。即西北部威宁地区,被抬升到海拔2 300 m左右;向东至黔中的修文、安顺一带,降到1 400～1 200 m;再往东至施秉、铜仁地区,则仅有760～600 m的高度。

贵州地势因此再度隆起,河流迅速下切,许多河谷上形成明显的裂点,裂点以下显著而普遍的深切峡谷,即在波状丘陵起伏的宽谷盆地被镶嵌以深达数百米的廊道峡谷。除局部分水岭保存着夷平化的高原面景观外,地面多道切割破坏而成为显著的山原和山地,构成了现代雄伟壮观的乌江喀斯特地貌景观。由于隆升活动的间歇性,还形成了十分清晰的多层状地貌,山原、峡谷相映相视,构成了绚丽多姿的高原景观。

第四纪冰川的发生,全球性气候变化也波及到了贵州。这时期的沉积物分布零散,类型多样,以河流为主。由于全球性气候变冷的影响,在若干高中山区或其周围,也曾有过冰川活动(林树基,1985)。但据中、晚更新世的洞穴堆积及其化石——广义的大熊猫

—剑齿象动物群,其中尚有猩猩、象、中国犀、巨貘和中更新世坡残积红土。根据冰期低纬地区气候变化不大的观点,是否可以认为贵州自中更新世以来尚有比较湿热的时期,但基本上是一种亚热带的暖湿气候。由于冰期、间冰期的交替和高原不断的增高了海拔高度,地势分异加强、现代季风强化、冬夏温差变大、干冷与湿暖的交替则是普遍的现象。在更新世所出现的3次较大的气温阶段性下降,似乎也已从贵州有限的孢粉分析资料得到证明(杨明德,1988)。所以,更新世以来,贵州是一种流水作用加强了亚热带喀斯特化的地貌演化系统。

第三章　脆弱的喀斯特生态环境

——贵州最重要的"省情"

喀斯特环境并非都是脆弱的，而大自然赐予贵州人民生存和发展的自然基础，却是一个典型脆弱的喀斯特环境。一些学者研究认为，以贵州为主的南方喀斯特山地地区，与中国北方地区的半干旱农牧交错地区、干旱绿洲——沙漠过渡地区、西南山地河谷以及藏南山地地区，构成了中国五大典型脆弱生态区。在中国南方喀斯特典型脆弱区总面积 17 万 km^2 中，贵州占 73.8%。其脆弱性表现为：由于生态环境系统中水、土环境要素缺损，导致环境生态容量低，人口承载力低；环境稳定性差，变异敏感度高，极易发生水土流失和石漠化、喀斯特旱涝、地表塌陷等一系列的环境灾害，对贵州农业生产、矿产开发、交通、水利水电建设、城镇建设和人民生活及社会发展都产生不同程度的正、负效应，从而构成了贵州最重要的省情之一。

一、喀斯特资源的有限性与特殊性

贵州从总的来看，由于贵州特定的地质地理条件、复杂多样的生态环境类型，孕育的生态环境资源比较丰富，但各种资源优势差异较大。

（一）亚热带高原季风湿润气候资源

贵州境内除黔西北海拔 1 700 m 以上、黔北大娄山 1 500 m 以

上、黔东梵净山 1 400 m 以上、雷公山 1 600 m 以上地区属暖温带至中温带气候外，其余广大地区均属湿润的亚热带气候。其特点是冬暖夏凉，多阴雨，少日照，雨水丰沛但时空分布不均，光、热、水年度变化基本同步，气候地域差异大；气象灾害以旱灾为主，次为暴雨洪涝，还有倒春寒、秋风、冰雹等。

1. 雨热资源比较丰富

全年降水丰富，年均降水 1 000～1 300 mm，境内各地年均降水量变化在 850～1 600 mm 之间，其中大部分地区为 1 100～1 500 mm。贵州年相对变率为 8%～18%，各地一年中的雨日在 150～220 天之间，以西部较多。夏季(6～8 月)降水量约占年降水量的 40%～55%，秋收作物生育期(4～9 月)的降水量约占全年降水量的 80%，8 月至次年 3 月的降水量仅占总降水量的 13%左右，降水时空分布不均。

由于贵州纬度较低，热量资源比较丰富，各地平均气温一般在 8～20 ℃之间，无霜期 260～280 天。日均温在 10 ℃以上的年均积温大部分地区在 4 500 ℃以上，以南部罗甸的 6 466 ℃为最高，仅黔西北等暖温带至中温带山地积温小于 3 500 ℃，局部地方小于 2 200 ℃。

贵州全省各地日照百分率在 23%～41%之间。光能最多的西部和南部地区，全年平均日照数为 1 400～1 700 h，日照百分率为 30%～40%，总辐射量仅 105 kW/cm^2 左右。光能最少的北部和东部地区，年平均日照数不足 1 200 h，日照百分率在 26%以下，总辐射量不到 80 kW/cm^2。不论日照时数和太阳总辐射量在全国都是低值区，比同纬度的中国东部地区和云南要少。

雨、热资源丰富，有利于农业生态建设中的植被恢复，而光能资源少却对农业生产不利。

2. 气候地域性差异大，气候类型复杂多样

由于温度和热量随海拔高度的增加而降低，海拔升高 100 m，

温度递减0.47～0.74℃，大于10℃积温则减少210～250℃，因此气候在较大或较小范围内都出现明显差异，素有“一山有四季，十里不同天”之说，形成了复杂多样的气候类型。贵州省气象部门采用对农业生产和植被恢复影响最大的热量和水分因子作为依据，把全省划分为5个热量带，即暖热、温热、温和、温凉、冷凉热量带；4个干湿型，即春湿润夏半湿润、春夏半湿润、春半干夏湿润、春干夏湿润。5个热量带和4个干湿型共同组合成28个气候类型。

3. 气象灾害较为频繁

干旱是贵州出现范围最广、频率较高、危害最大的一种气象灾害，危害程度首推夏旱，次为春旱，其次是冰雹、暴雨、秋风、倒春寒等。

(二)土地资源相对贫瘠

全省土地总面积176 167 km²，在全国各省区中居第16位。2001年末，人均土地仅0.47 hm²，只有全国人均水平的62.06%。

1. 土地资源的主要特点

(1)适宜耕地少，人均耕地少。贵州全省小于25°的适宜耕地和园地3万km²，占土地面积的17.0%，人均0.079 hm²。1995年现有耕地和园地37 518 km²，占土地面积的21.3%，人均耕地0.088 hm²(统计为18 400 km²，人均0.053 hm²)，其中田11 520 km²、旱地25 400km²，园地598 km²。这就是说，不仅人均耕地面积只有全国平均水平的61.2%，而且现有耕地面积已经大大超过了适宜上限，需要逐步退耕8 920 km²。

(2)土层瘦薄，耕地质量差。一是坡耕地多，生产条件差。据贵州省国土厅土地详查(1996年变更资料)，全省坡度小于6°的耕地占24.41%，6°～15°的耕地占31.20%，15°～25°的耕地占29.97%，大于25°的耕地占19.85%。旱地中，6°～25°的耕地占旱

地总面积的64.75%,大于25°的旱耕地占25.16%。二是保水能力差,土性不良,中低产田土的比重高达78%,其中低产田土约占1/3。水利建设的难度大,1995年水田和旱耕地的有效灌溉面积分别为53%和1.3%。

(3)宜林地广阔,但适宜性差。贵州全省1998年有林地面积约45 186.7 km²,占土地面积的25.6%,若加上宜林荒山面积可达84 533.3 km²,占土地总面积的48%。但是,宜林地多是不宜农耕的土地,而且喀斯特石质山地广布,土少石多,生境干旱,宜林地中有近50%是中、下等土地。宜林地的适宜性差成为贵州宜林地虽然广阔,但又未成为林业大省的重要原因。

(4)牧草地面积大,中、下等草地比重高。贵州全省有牧草地40 680 km²,占全省土地面积的24.3%,其中可利用的草地有36 253.3 km²。草地分布具有零散特点,全省20 hm²以上的成片草地仅占草地面积的47.6%,而分布于农地、林地之间的零星草地占52.4%,成片草地中三、四等草地占84.26%,产鲜草7.5 t/hm²以下的三、四、五等草地占84.66%。

(5)水域面积小。包括河流、湖泊、山塘、水库等水面面积有1 845 hm²,仅占土地总面积的1.05%。

2.土地资源利用现状与结构调整

按目前土地利用现状可分为耕地和园地、林地、草地、水域、建设、交通和未利用土地、荒山荒地及裸岩石山等。贵州全省及不同喀斯特面积比重区的土地利用现状见表3-1。

表3-1 贵州及不同喀斯特比重县(市)的土地利用现状

项目 / 土地利用类型	全省(1995年)		不同喀斯特面积比重县(市)土地利用现状							
			>70%		70%~50%		50%~30%		<30%	
	km²	%	km²	%	km²	%	km²	%	km²	%
耕地	36 920	20.96	17 447	22.71	15 680	25.66	1 526.7	11.74	2 266.7	8.98
园地	598	0.34	277.3	0.36	192	0.32	46.7	0.36	82	0.32

续表

项目 土地利用类型	全省(1995年)		不同喀斯特面积比重县(市)土地利用现状							
			>70%		70%~50%		50%~30%		<30%	
	km^2	%	km^2	%	km^2	%	km^2	%	km^2	%
林地	52 460	29.78	21 473.3	27.95	11 720	19.18	5 493.3	42.23	13 773.3	54.60
牧草地	40 680	23.09	17 673.3	23.00	14 666.7	24.01	36	28.83	4 980	19.74
交通及建设用地	3 966.7	2.25	2 276.7	2.96	1 300	2.13	173.3	1.33	476.7	1.89
水域	1 846.7	1.05	86.7	1.10	608	1.00	128.7	0.99	261.3	1.04
未利用地	39 700	22.54	16 842	21.92	16 926.7	27.70	2 278	17.52	3 386.7	13.43
合计	176 167	100	76 833.3	100	61 093.3	100	13 006.7	100	25 226.7	100

注：未利用地中，荒山荒地 17 353.3 km^2，石漠化土地 22 633.3 km^2（占12.84%）。

1995年贵州全省土地利用结构为：耕地：林地：牧草地：交通及建设用地：水域：未利用土地，依次为20.96：0.34：29.78：23.09：2.25：1.05：22.54。据国土部门研究，根据喀斯特高原山地土地的适宜性，贵州农、林、牧业远景发展和交通、建设和人口增长用地的需要，以及土地生态系统结构的和谐，设想土地利用结构调整为：耕地：园地：林地：牧草地：交通及建设用地：水域：未利用土地依次为18.17：1.14：45.41：20.44：3.60：1.59：9.65。

（三）水资源总量丰富，方便利用的水资源短缺

1.水资源分布特征

贵州省内河流分属长江和珠江两大流域，以苗岭为分水岭，顺地势分别流入川、湘、桂三省。省内长江流域划分为牛栏江和横江水系、赤水河和綦江水系、乌江水系及沅江水系，流域总面积为115 747 km^2，占全省总面积的65.7%。其中，乌江水系是省内流域面积最大的水系，乌江境内长度为874.2 km，流域面积66 830 km^2，占全省总面积的37.95%，而且是省内开发较早、垦殖率高、城镇遍布、农田集中、工业发达的地区。省内珠江流域也划分为4

个水系，即南盘江、北盘江、红水河和柳江，它们的流域面积占全省总面积的34.3%。

全省长度大于10 km、流域面积大于32 km^2的河流共984条。按流域面积划分：小于500 km^2的河流共886条，占河流总条数的90%，其中10～100 km^2的河流556条，占河流总条数的56.5%。河网平均密度为17.1 km/100 km^2，东密西疏。多数河流上游河谷开阔，比较平缓；中游束放，水流湍急；下游多穿行于峡谷之中，河谷深切。

河水量月分配极不均衡。夏秋季各月径流量为全年的75%～85%。枯水期一般出现在12月到次年4月，夏旱年份7～8月也出现过最小流量。河流洪枯流量变化大，洪枯比一般大于100。洪水暴涨暴落，一般15天洪水流量占全年总径流量的20%以上。年径流量变差系数平均为0.19，大部分地区在0.25～0.35之间。年径流系数在0.35～0.65之间，大部分为0.45～0.55。

贵州地下水资源以喀斯特地下水为主，占地下水总资源的80.6%，占可采资源量的93.6%，其次还有孔隙水和基岩裂隙水（韩至钧、金占省，1996）。贵州喀斯特地下水赋存于碳酸盐岩的溶孔、溶隙和溶洞（管道）之中，分为溶洞—管道水、溶隙—溶洞水和溶孔—溶隙水3种类型，埋藏深度受地貌控制，流速一般较快。管道水流速大于1 000 m/d，流量动态变化与降雨基本一致，流量变化常达几倍甚至几十倍，以泉和地下河形式排泄于地表，在大片石灰岩分布区，常形成喀斯特大泉和网络状地下河。

据调查统计，全省流量大于10 L/s的喀斯特大泉有5 214个，其中枯季流水不断的仅有1 710个，总流量每天1 188万m^3。枯季流量大于300 L/s的喀斯特大泉47个，大于1 000 L/s的5个。赫章六曲沟大泉为全省之最，枯季流量达1 585.7 L/s。全省常年有水、长度大于2 km的地下河共1 130条，平均密度为6.68 km/km^2，总长度6 246 km。其中总长度大于50 km的有3条，50～30

km的8条,30～10 km的118条,10～5 km的303条,5 km以下的698条。全省最长的罗甸大井地下河,长达85 km。

全省地下河偶测年总流量为121.23亿 m^3/a,枯季年流量71.35亿 m^3/a,其中枯季流量大于500 L/s的97条,大于1 000 L/s的40条,最大的是兴义扯鸿地下河,枯季流量达6 524.6 L/s。由于山高,水流迅速,有害物质难以浓集,就全省而言,未污染的地下水无论从物理性质、感官状况、化学成分及浓度方面评价,均属优良—良好等级,适合于生活饮用和其他用途,有的还形成了优质矿泉水。

全省共发现热矿泉88处,其中达天然矿泉水国家标准的27处,医疗矿泉18处,农业灌溉及渔业生产的36处。饮用矿泉水主要达标项目是偏硅酸和锶,27处矿泉水年流量每天可达2 876.42万 m^3。医疗矿泉水中有硫酸盐泉、氯化钠泉、重碳酸钠泉、偏硅酸矿泉、氡泉、硫化氢泉等不同类型,温度从低温到高热,对人体各有不同的医疗保健作用。18处医疗矿泉每天总流量可达12 561.98 m^3。

2. 水资源总量丰富

贵州省内水资源为雨源性水资源,由地表径流和地下水共同构成,总量为1 196亿 m^3。其中,河流径流量1 035亿 m^3(内含地下水排泄量318亿 m^3);地下水资源储存量为161亿 m^3。全省水资源总量占全国水资源总量的4.4%,居第9位。1995年人均水资源量3 416 m^3,高于全国人均占有量,低于世界的人均9 500 m^3。此外,还有省外河流过境水量291.7 m^3,可以重复利用。地表、地下水资源分布见图3-1、图3-2。

3. 方便利用的水资源短缺

贵州水资源总量虽然丰富,但水资源时空分布不均,而且与用水对象的匹配性差,方便利用的水资源仍然短缺。其原因有:①水资源分布不均衡。上游耕地集中,人烟密集,工业发达,但地处河源,水资源不足,用水矛盾突出;下游水量丰富,但河谷深切,耕地

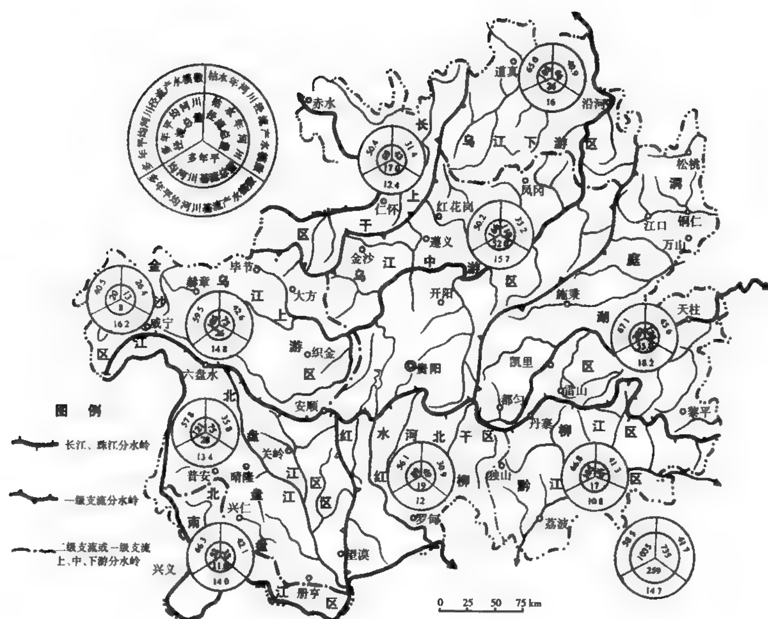


图 3-1 贵州河川径流量分布图(据《贵州省地表水资源》,1988)

零星分散,田高水低,极少灌溉之利。②河流月水量变幅大,受枯水期限制,自然条件下可利用量小。③坡陡土薄,喀斯特渗漏严重,降雨很快顺坡下泄,或渗入地下,虽然单位产水量高,地表仍然干旱缺水。④喀斯特地下水赋存与运动规律复杂,开发利用困难,开发深层地下水经济效益较差。据有关部门测算,在目前经济技术条件下,全省可采水资源总量约为 393.4 亿 m^3,占水资源总量的 32.8%。全省已兴建蓄、引、堤工程 7.7 万余处,供水量达到 65.41 亿 m^3,仅占全省多年平均水资源量的 6.3%,可采资源量的 16.6%,开发利用程度还是很低的。2001 年全省农田有效灌溉面积达到 6 627.7 km^2,实际灌溉面积 4 897.13 km^2,农业人口人均有效灌溉面积仅 0.02 hm^2,实际灌溉面积 0.015 hm^2,居全国各省

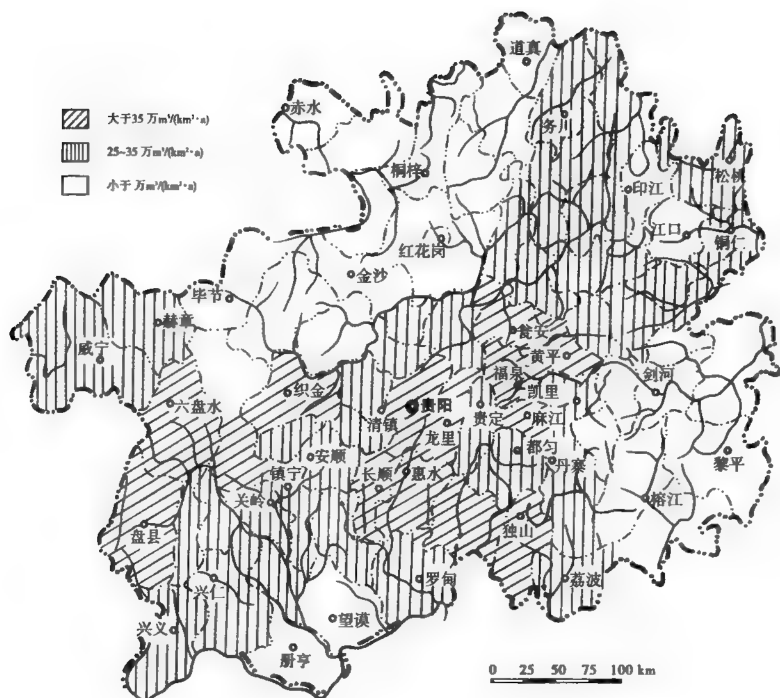


图 3-2　贵州省地下水资源模量分布图(据韩至钧、金占省,1996)

(区)的末位,仍有200多万人和100多万头牲畜饮水问题尚需解决,任务还很艰巨。就目前而言,贵州城镇、乡村缺水不是资源型缺水,而是缺少水工程引起的工程性缺水。

(四)水能资源丰富,水火互济才能凸显优势

1.水能丰富,开发潜力很大

贵州全省水能资源理论蕴藏量为1 874.47万kW,居全国第6位。电力密度为106 kW/km²,居第2位。可开发资源量为1 683.3万kW,居全国第7位。到2001年末,全省水电装机容量为240.96万kW,占总装机容量的36%,投产容量仅为可开发资

源量的14.31%,开发潜力大。

2.水能资源开发条件好

可开发资源位置适中,分布均衡。东、西、南、北、中均有大、中型电站分布,可建电站78座,占可开发资源的78%。资源利用集中,距用电较多的中南、华南地区较近,大区联网输电距离在500 km范围内,便于黔电东送。由于贵州河流大多上游开阔,中、下游狭窄,上游多有建设“龙头水库”的条件。中、下游峡谷中的电站,大坝工程量及淹没损失小,相应的单位造价低,综合利用任务较单纯。不利用的主要原因是:可开发资源中一、二类资源较少,三、四类资源较多;电站大都处于喀斯特地区,工程、水文地质复杂,勘探及处理工作量大;在“龙头水库”修建中,淹没与建库之间的矛盾较突出。

3.水火互济,突出优势

从区域经济开发的角度看,水、火互济才能更好地实施西电东送战略,突出电力产业的经济优势。其原因是:①与周边省(区)相比较,贵州水能资源量和开发能力不具备突出优势。水能蕴藏量贵州为1 874.47万kW,湖南为1 532.45万kW,广西1 757.83万kW,云南10 364万kW,四川15 036.78万kW,周边省(区)的水电占总发电量的70%。②煤炭资源丰富是周边省份不具备的,比较优势较为突出。③水电的季节性太强,火电则能均衡生产。④东部和周边省份目前电力市场需求中,枯水期远大于丰水期。全国电力行业“十五”规划中,周边省(区)仅在枯水期就提出40~50亿kW·h的市场需求。⑤煤炭资源中高硫煤多,工业用高硫煤需增设脱硫装置,将增加产品成本。

(五)生物资源物种丰富,规模效应不突出

1.热带成分的亚热带区系、植被类型复杂多样

受自然地理中的地带规律与气候—土地条件制约,加上人为

活动的影响，自然植被和栽培植被的类型复杂多样。自然植被中既有以壳斗科、梅科为主的常绿阔叶林，又有近热带性质的河谷季雨林和山地季雨林。针叶林中既有以杉、松、柏为主的温性山地针叶林，又有寒暖性亚高山针叶林。落叶林中既有以光皮桦、响叶杨、枫香为主的次生落叶林，又有以珍稀树种珙桐、鹅掌楸为主的落叶林。此外还有分布面积很大的灌丛及草灌丛。在广布的碳酸盐岩山区，植物生长环境严酷，发育了喜钙、耐旱耐瘠的喀斯特植被，以藤刺灌丛、肉质多浆灌丛及禾本科草丛为主，森林少而星散。全省的森林资源总量仍然不足，2002 年末森林面积已达 54 286.7 km^2，人均 0.16 hm^2，低于全国人均占有量。

2. 生物种类繁多

栽培植物资源丰富，从亚热带到暖温带的作物应有尽有，粮食、油料、纤维和其他经济作物有 30 多种，品种近 600 个，其中有不少为稀有和名特优栽培品种，如黑糯米、香米、药大麦、芸豆等。粮食作物以水稻、玉米、小麦、薯类为主。烤烟、油菜和茶叶为贵州经济作物的三大支柱，果、桑、药材和食用菌种植也有长足的发展。

野生植物种类繁多，全省共有 3 800 余种，蕨类植物及种子植物共 248 科 1 534 属 5 539 种(变种)。其中蕨类植物 53 科 139 属 642 种，占全国科数的 89.5%，属数的 62.6%。裸子植物中，国产的 10 个科贵州都有分布，其属数占国产属数的 64.3%。被子植物共 187 科 1 376 属 4 887 种，占全国科数的 64.3%，属数的 46.7%，种数的 20.1%。已列入国家保护名录的珍稀植物有 70 种，占全国总数的 16.1%，其中：一级保护的有银杉、珙桐、秃杉和桫椤 4 种，占全国总数的 50%；二级保护的有 27 种，占 18.9%；三级保护的有 39 种，占 12.9%。植物种类的丰富度与国内省(区)比较，仅次于云南、四川和广东等省，居国内前列，并广泛用于食用、医药和工业等。其中药用植物资源有 3 700 余种，占全国中草药品种的 80%，是全国四大中药材产区之一；食用植物 500 余种，

工业用植物约600余种,绿化、美化环境及园林植物2 000余种,具有抗污染能力的环保植物40余种。

据调查,贵州1 000余种野生动物资源中,脊椎动物有807种,占全国脊椎动物总数的21.7%。其中鱼纲111种,两栖动物60种,爬行动物99种,鸟类403种,兽类134种。野生动物中的资源野生动物535种,占全省脊椎动物总数的66.6%,其中毛皮、革、羽用的共118科。药用动物约170种,记录入《中华人民共和国药典》的有40种,渔猎动物212种,对农林生产有益的动物417种,有害动物156种。珍稀动物全省计有32种,其中一类保护的有黔金丝猴、黑叶猴、华南虎、云豹、白鹳、黑鹳、黑颈鹤、中华秋沙鸭、金雕、白肩雕、白尾海雕、白头鹤、蟒等14种,占全国同类动物总数的13%;二类保护动物有69种,占全国同类动物总数的25.7%。由于生态环境受到破坏,栖息地缩小,加上人为的猎杀,不少动物濒临绝迹的境地。如华南虎在20世纪60年代最多时每年可以收购虎皮80余张,到20世纪80年代初全省只有10只左右。野生动物是生态系统中重要组成成分之一,保护及合理利用野生动物对防治虫、鼠灾害,改善生态系统结构和环境质量具有重要意义。

3.人工培育品种的基因库、资源规模效应不突出

种类繁多的生物资源,是人工培育品种的基因库,它们之中分布较广、蕴藏量较多的生物资源,如野生药用植物、高维生素果品资源、鞣宁植物资源、蛋白质淀粉植物资源和珍稀动植物资源都有一定的优势和较高经济价值,同时也为贵州的绿色产业发展奠定了资源基础。

由于生态环境复杂多样,适宜生境小而分散,自然植物资源难以形成像西北沙棘那样的规模,开发利用还须进行资源基地建设。基地建设又受耕地分割、适宜生境和农户经营土地的限制,难以形成连片的大规模化种植基地,影响其产品在国内的地位和市场份

额，导致在制定的绿色产业规划中，大部分产业只能成为省内区域性产业。据有关分析资料，草食畜牧业、茶叶、油桐、银杏、猕猴桃、道地中药材等能形成贵州省的支柱产业。像板栗、核桃、竹类、五倍子、魔芋等仍为贵州省区域性支柱产业，还有一些具有潜在优势的资源尚需研究开发。

（六）矿产资源优势突出

1.矿产资源丰富

贵州成矿条件好，矿产资源丰富，并在全国占有重要地位，是国内著名矿产资源大省。截至1998年底，全省已发现110种矿产近3 000个矿床、矿点，已探明储量的矿种76个，资源潜在价值达人均20万元。按2001年8月国土资源部发布的《2000年保有储量全国排序表》排序，贵州有19种矿产保有储量居全国前5位，居前10位的有23种（表3-2）。

根据地质研究程度、储量、质量和产量在全国占的地位，以及对贵州国民经济建设起的作用，把优势矿产分为现实优势矿产资源、潜在优势矿产资源和预测优势矿产资源。现实优势矿产资源有煤、磷、铝、汞、锑、锰、硅石、金、锗等。这些优势矿产的储量和产量在全国占有重要地位，对贵州国民经济建设具有巨大作用。

潜在优势矿产有重稀土、碘、重晶石、铁矿、水泥用石灰岩。预测优势矿产有冰洲石和II型金刚石。

一般矿产有铁、铀、铅、锌、铜、银、萤石、石膏、耐火粘土、陶瓷土、砷、熔剂白云岩、熔剂石灰岩、压电水晶、铸型用砂、含钾岩石及分散元素等。

2.矿产资源开发的有利与不利因素

依据现实的优势矿产和充足的能源，贵州具备了建成全国重要煤炭基地（火电能源基地）、以铝为主的有色金属基地、以磷为主的化工基地、以锰为主的铁合金基地、以水泥为主的建材基地的优

贵州省主要矿产储量统计表

表 3-2 (2001 年底全国排序前 10 位的矿产)

矿产名称	储量单位	保有储量	全国排位	备注
汞	(汞)万 t	3.31	1	保有矿产储量是指 2001 年底实际拥有的基础储量和资源量总和。
重晶石	(矿石)亿 t	1.13	1	
冶金用砂岩	(矿石)万 t	8 252	1	
砖瓦用砂岩	万 m^3	1 760	1	
饰面用辉绿石	万 m^3	352	1	
化肥用砂岩	亿 t	1.06	1	
饰面用灰岩	万 m^3	3 701	1	
磷矿	(矿石)亿 t	27.02	2	
稀土矿	(TR_2O_3)万 t	149.79	2	
铝土矿	(矿石)亿 t	4.25	2	
镓		1.99	3	
熔炼水晶	万 t	1 110	3	
镁(炼镁白云石)	t	3 213	3	
砖瓦用页岩	(矿石)万 t	1 242	3	
锰矿	万 m^3	7 693	3	
锑矿	(矿石)万 t	24.74	4	
硫铁矿	(锑)万 t	6.12	4	
煤	(矿石)亿 t	492.49	5	
水泥配料用砂岩	亿 t	9 183	5	
砖瓦用粘土	万 t	1 672	6	
玻璃用砂岩	万 m^3	5 128	7	
水泥用粘土	万 t	10 714	8	
水泥配料用页岩	万 t	2 692	10	

资料数据来源:《贵州统计年鉴》(2002 年)。

越条件,有利于资源优势转化为经济优势。但是,矿产资源开发中也存在着一些不利因素,主要有:①缺少国家急需的矿产(如油、气)和稀缺矿产;②随着资源经济向知识经济转型的大趋势,资源开发的经济优势将被削弱;③受环境保护的制约,一些矿产开发的

成本将会增加;④矿产品加工业基础薄弱,多生产矿产原料,这是矿产资源开发利用经济效益不高的重要原因。

(七)旅游资源大省

贵州旅游资源分布广,种类多。以喀斯特景观为特色的自然风光,独特的民族文化、风情,历史人文古迹,以及夏无酷暑、冬无严寒的气候,构筑了贵州独特的旅游胜地。境内景源多集山、水、林、洞为一体,有天然公园省的美称。黄果树风景区曾在 1992 年和 1997 年先后作为中国风景区、中国旅游王牌产品之一向海外推出。1993 年中国山水风光年,黄果树风景区是五大汇合点之一。

1. 自然景源丰富、以喀斯特景源为主

贵州气候宜人,冬温夏凉。贵阳 7 月平均温度为 24 ℃,宜于旅游。实际上,气候的主要优势是夏凉。旅游气候不仅仅是一个温度问题,由于贵州气候雨热同季,春末到秋初时段,月平均温度都在 16~25 ℃左右,自然风光的色彩美、形象美、自然美与民族风情融合为一体,充分表现了风景的优美和特色。秋末到春初时段,旅游气候并无优势,冬季(春节除外)游客减少是必然的。贵州的自然景源以喀斯特景观为主要特色,以瀑布、洞穴为主要优势,山石、水景、洞穴、林木各显风姿,主要是奇山、异石、瀑布、峡谷、人工湖泊、怪泉、地下溶洞、森林等。

奇山异石:有梵净山和喀斯特峰丛山景、峰林、石林、天生桥以及小型怪石,分布很广。如梵净山山景、麻尾和安顺的锥状峰林、天星桥水上石林、回水石林、兴义泥凼石林等。

瀑布:有地表瀑布 500 余处,此外还有一些地下瀑布。瀑布中当首推黄果树瀑布群,依次为十丈洞瀑布、间泉瀑布、白龙喷瀑布、黑洞白水瀑布等 14 个瀑布。

峡谷:贵州峡谷甚多,尤以马岭河峡谷、北盘江峡谷最为壮观,㵲阳河风景亦为峡谷风光。

湖泊:人工湖泊各县均有,只是大小不等、景色各异。红枫湖、百花湖、红旗水库、六广七峡、夜郎湖、木龙湖等最有开发价值。

洞穴:喀斯特洞穴数以万计,遍布于全省73.8%的土地上,其中著名的有34个,它们之中首推织金洞,次为龙宫,两处均已开发成国家级风景区。有人赞誉织金洞堪与世界著名的前南斯拉夫波斯托依那洞媲美,民俗有“打鸡归来不看洞”之说(当地称织金洞为打鸡洞)。

怪泉:有珍珠泉、虹吸泉、涌泉和温泉,能给人们一种新奇的感觉。

森林:作为旅游的森林虽然不多,但其特色鲜明,如梵净山森林、茂兰喀斯特森林、百里杜鹃、赤水竹林等。

2.风景名胜区

贵州不同类型、不同等级的景源,构造成等级不同、各具特色和个性的风景名胜区。截至2000年底,全省有国家级风景名胜区8个:黄果树风景名胜区、龙宫风景名胜区、织金洞风景名胜区、舞阳河风景名胜区、红枫湖风景名胜区、荔波樟江风景名胜区、赤水风景名胜区和马岭河峡谷风景名胜区,其中喀斯特自然风景区就占7个。省级风景名胜区有40个:百花湖风景名胜区、铜仁九龙洞风景名胜区、六冲河风景名胜区、安龙招堤风景名胜区、花溪风景名胜区、遵义娄山关风景名胜区、福泉洒金谷风景名胜区、绥阳宽阔水风景名胜区、贞丰三岔河风景名胜区、习水风景名胜区、鲁布革风景名胜区、泥凼石林风景名胜区、黎平侗乡风景名胜区、铜仁梵净山－太平河风景名胜区、六枝牂牁江风景名胜区、瓮安江界河风景名胜区、息烽风景名胜区、普定梭筛风景名胜区、修文阳明洞风景名胜区、石阡温泉群风景名胜区、都匀剑江风景名胜区、龙里猴子沟风景名胜区、岑巩龙鳌河风景名胜区、平塘风景名胜区、长顺杜鹃湖－白云山风景名胜区、惠水涟江－燕子洞风景名胜区、镇远高过河风景名胜区、榕江古榕风景名胜区、麻江下司风景名胜

区、剑河风景名胜区、贵阳香纸沟风景名胜区、开阳风景名胜区、仁怀茅台风景名胜区、余庆大乌江风景名胜区、盘县古银杏风景名胜区、盘县大洞竹海风景名胜区、盘县坡上草原风景名胜区、关岭花江大峡谷风景名胜区、紫云格凸河风景名胜区。绝大部分县(市)都有自己的县级风景区。这些风景区中以喀斯特风光为主要景源或具有喀斯特景源的约占80%以上。

根据风景名胜区的地理位置、特色和交通条件,贵州的风景区可分5个片区,即:以城市公园为特色的贵阳风景区;以喀斯特自然风光为特色的西线风景区;以历史文物兼自然风景的北线风景区;以民族风情为特色兼山、湖自然风光的东线风景区;以峡谷、山水为主的南部风景区。5大风景名胜区中,西线是贵州旅游资源的富足区,在宽20～40 km、长160 km的区域内,有国家级风景名胜区4个,占贵州国家级风景名胜区的50%,还有许多省级、地级和县(市)级风景名胜区和独立景点,交通方便,软硬件设施已有较好基础。

3.旅游资源开发的不利因素

贵州与周边省(区)比较,旅游产业滞后,差距较大。2001年游客人数仅为云南的18.3%、广西的16.18%、四川的35.65%、重庆的65.5%、湖南的40.63%,而旅游收入仅为云南的18.92%、广西的23.33%、四川的41.18%、重庆的43.75%、湖南的25.83%。其原因是多方面的,有观念、体制、投入、服务和文化注入等问题,也有风景资源合理利用问题。就风景开发利用而言,不利因素有以下几点:一是地理位置处于云、桂、川、湘之间,因旅游资源现实开发程度慢,宣传力度、产品知名度不及周边省(区),造成游客过境多而滞留贵州的少;二是喀斯特分布面积广,自然风光景源的类同性强;三是气候特征导致省内旅游业的季节性强。

二、喀斯特生态环境类型及特征

贵州喀斯特地貌形态与地域结构对光、热、水、土、气等环境要素进行再分配,以及环境异质性较强,导致气候、生物、土壤的地带性分布具有水平分布和垂直分布的双重性质,土地类型复杂,垂直分异和局域分异明显,形成了复杂多样的生态环境。生态环境的差异,必然反映农、林、牧在区域和局域内的分布和配置有较大差别,这就为"山地立体农业"和多种经营提供了自然基础。屠玉麟教授研究(1996)按照综合性主导性原则、现状与趋势并以现状为主原则、理论与应用相结合的原则,选择地质地貌条件、气候条件和植被作为参数,将贵州的喀斯特生态环境划分为55个一级类型,241个二级类型(图3-3、表3-3)。分布面积较大的主要类型如下:

表3-3　　贵州喀斯特生态环境一级类型表

序号	一级类型	序号	一级类型
1	温热春湿夏半湿喀斯特盆地(Ba)	28	温热春湿夏半湿半喀斯特盆地(Be)
2	温热春夏半湿喀斯特盆地(Ca)	29	温热春夏半湿半喀斯特盆地(Ce)
3	温热春半干夏湿喀斯特盆地(Da)	30	温热春半干夏湿半喀斯特盆地(De)
4	温热春干夏湿喀斯特盆地(Ea)	31	温热春干夏湿半喀斯特盆地(Ee)
5	温和春湿夏半湿喀斯特盆地(Fa)	32	温和春夏半湿润半喀斯特盆地(Ge)
6	温和春夏半湿润喀斯特盆地(Ga)	33	温和春半干夏湿半喀斯特盆地(He)
7	温和春半干夏湿喀斯特盆地(Ha)	34	温凉春干夏湿半喀斯特盆地(Ke)
8	温凉春干夏湿喀斯特盆地(ka)	35	温热春夏半湿喀斯特丘陵(Cg)
9	温和春半干湿夏湿喀斯特台地(Hb)	36	温热春半干夏湿半喀斯特丘陵(Dg)
10	温热春湿夏半湿喀斯特丘陵(Bc)	37	温热春干夏湿半喀斯特丘陵(Eg)
11	温热春夏半湿喀斯特丘陵(Cc)	38	温和春湿夏半湿半喀斯特丘陵(Fg)
12	温热春半干夏湿半喀斯特丘陵(Dc)	39	温和春夏半湿半喀斯特丘陵(Gg)
13	温和春湿夏半湿喀斯特丘陵(Fc)	40	温和春半干夏湿半喀斯特丘陵(Hg)
14	温和春夏半湿喀斯特丘陵(Gc)	41	温和春干夏湿半喀斯特丘陵(Ig)
15	温和春半干夏湿喀斯特丘陵(Hc)	42	温凉春干夏湿半喀斯特丘陵(Kg)

续表

序号	一级类型	序号	一级类型
16	温和春干夏湿喀斯特丘陵(Ic)	43	暖热春干夏湿半喀斯特山地(Ah)
17	温凉春夏半湿喀斯特丘陵(Jc)	44	温热春湿夏半湿半喀斯特山地(Bh)
18	冷凉春干夏湿喀斯特丘陵(Lc)	45	温热春夏半湿半喀斯特山地(Ch)
19	暖热春干夏湿喀斯特山地(Ad)	46	温热春半干夏半湿喀斯特山地(Dh)
20	温热春湿夏半湿喀斯特山地(Bd)	47	温热春干夏湿半喀斯特山地(Eh)
21	温热春夏半湿喀斯特山地(Cd)	48	温和春湿夏半湿半喀斯特山地(Fh)
22	温热春干夏湿喀斯特山地(Ed)	49	温和春夏半湿半喀斯特山地(Gh)
23	温和春湿夏半湿喀斯特山地(Fd)	50	温和春半干夏湿半喀斯特山地(Hh)
24	温和春夏半湿喀斯特山地(Gd)	51	温和春干夏湿半喀斯特山地(Ih)
25	温和春半干夏湿喀斯特山地(Hd)	52	温凉春夏半湿半喀斯特山地(Jh)
26	温和春干夏湿喀斯特山地(Id)	53	温凉春干夏湿半喀斯特山地(Kh)
27	温凉春夏半湿喀斯特山地(Jd)	54	冷凉春干夏湿半喀斯特山地(Lh)

(一)温热春半干夏湿喀斯特盆地生态环境(Da)

分布于黔南及黔东南南部，是喀斯特极其发育的地区。由于地势较低，热量条件≥10 ℃积温可达6 000 ℃。降雨一般较为充沛，尤以夏半年集中，春季较少，故形成春半干夏湿气候。在黔南中部的都匀一带，由于纬度位置稍北，所以热量条件稍差。喀斯特盆地属低盆地，规模大小不等，以榕江、都匀等地的盆地较为典型，规模较大。榕江盆地为本省著名的“万亩大坝”，地面平坦开阔，冲积层深厚，土质肥沃，水源较好，已辟为水田，加上良好的光、热条件，成为高产、稳产农田生境。在都匀、榕江等喀斯特盆地，还成为市、县居民聚落。局部盆地边缘，还分布有以马尾松、柏木为主的针叶林。因此，本类型生境可再次划分为针叶林生态环境、水田生态环境和城镇聚落生态环境亚类。

(二)温和春半干夏湿喀斯特盆地生态环境(Ha)

广泛分布于西起镇宁、关岭一带，东至贵定的黔中地区，为安

顺、普定、织金、镇宁、黔西、贵定、贵阳青岩,以及习水、桐梓一带地势较高的地带。这类生境多是黔中山原山地间发育的喀斯特盆地。安顺一带的喀斯特盆地规模较大,地势平坦,盆周峰丛、峰林发育,为典型的喀斯特盆地。黔中贵定、青岩一带喀斯特盆地规模较小。生境中水、热条件适中,且水热同季,对农作物生长十分有利,加上水利化程度较高,故多被建设成高产稳产的水田农业植被,成为当地粮油生产基地。但由于这些地区(尤其是盆地周围的喀斯特丘陵山地)是工矿、交通、城市最为集中的地区,建设占用耕地、工矿"三废"污染土地的现象较为严重,造成对生态环境的严重威胁。为此,必须加强环境监测及保护工作,有效保护生态环境质量。根据植被条件及土地利用方式的不同,又可再次划分为灌丛生态环境、旱地生态环境、水田生态环境和城镇生态环境等亚类。

(三)温和春半干夏湿喀斯特台地生态环境(Hb)

仅分布于黔中的贵阳高坡、龙里中排、惠水摆榜等地。为发育在背斜上的溶蚀构造平台,台面常由石英砂岩或白云岩组成,上覆不厚的残积层,偶见低缓的小丘。台地四周常有深达 300 m 以上的峡谷切割,灰岩台面上也常见漏斗、洼地。由于多位于分水岭高地,海拔通常在 1 500～1 600 m,为典型的高台地。生境的气候为热量条件适中、降水丰富、但春旱较多的温和春半干夏湿气候。受生物气候条件的影响,加以生境地处分水高地,水利灌溉设施不足,故台地上多分布旱地农田植被,局部地段也辟为水田和种植经济林木(漆树、核桃为主)。根据植被现状及土地利用方式的不同,可再次分为旱地、水田和经济林生态环境亚类。

(四)温热春湿夏半湿喀斯特丘陵生态环境(Bc)

广泛分布于黔东松桃河、锦江、㵲阳河(岑巩至玉屏段)、清水江(天柱至锦屏段)等河谷地区的生境类型。由于地势较低,常年

受东南季风控制，故水、热条件良好，且同季。但在夏季多发生伏旱，形成温热春湿夏半湿的气候。在河谷斜坡上发育的喀斯特丘陵多浅切割，地面破碎的丘陵相对高度一般不大于300 m，且常与喀斯特低山、喀斯特洼地等喀斯特地貌类型相间分布。由于生态环境多样，土地利用方式与植被现状也较复杂，故形成针叶林、灌丛、灌草丛、旱地、水田和经济林等多种次一级的生态环境亚类。

（五）温热春半干夏湿喀斯特丘陵生态环境（Dc）

主要分布于黔东南的凯里及黔南的南部地区（三都、荔波、独山等地）。由于纬度位置偏南，热量条件较好，降水充沛，尤以夏半年较为集中，春季有短时干旱，故为温热春半干夏湿气候。喀斯特丘陵在凯里一带为丘原状，由深浅不一的低丘连成一片。南部荔波、三都一带则多为深中丘，联结成南、北带状分布，为典型的溶蚀丘陵。南部荔波境内丘陵边缘多见峰丛。由于生境中植被状况及土地利用方式极其复杂，可再次分为针叶林、阔叶林、灌丛、灌草丛、旱地、水田和城镇等多种次一级的生态环境亚类。

（六）温和春半干夏湿喀斯特丘陵生态环境（Hc）

广泛分布于黔中的清镇、修文、惠水、长顺、黔西、平坝、贵定、贵阳等地，少数可向西延伸至织金东部。生境热量适中，降水丰富，尤其在夏半年较为集中，春季时有春旱发生。喀斯特丘陵以丘峰、溶丘和拢岗为主，常连片分布，形成典型的丘原地貌，溶丘洼地发育典型，三级剥夷面积保存较好。由于自然条件良好，植被及土地利用方式多样，因而可再次分为针叶林、阔叶林、灌丛、灌草丛、水域、旱地、经济林、果木林和城镇等多种次一级的生态环境亚类。

（七）温和春干夏湿喀斯特丘陵生态环境（Ic）

零星分布于黔西南的贞丰、普安、兴仁及六盘水的盘县等地，

地势一般在1 200～1 400 m之间，为浅或深切割的中丘，零散分布于喀斯特峰林、峰丛谷地之间，规模一般较小。生境的热量条件适中，≥10 ℃积温一般在400 ℃左右，部分地势较高地区（如普安、盘县等地）热量较差。由于冬、春受西南暖流的影响，冬半年降水偏少，且有较明显的旱季，尤以西部盘县等地为明显。夏半年受西南季风的影响，降水仍然较为丰富。根据植被特征及土地利用现状的差异，可将此类生态环境再次分为针叶林、灌丛、旱地、水田和城镇等生态环境亚类。

（八）温热春干夏湿喀斯特山地生态环境（Ed）

主要分布于黔西南、黔南的南盘江、北盘江、红水河，及其支流的地势较高地带，以罗甸、平塘、惠水、长顺、望谟、贞丰、册亨等地较为集中。由于所处地理位置偏南，故热量条件仍较为良好，≥10 ℃积温多在4 000～5 000 ℃之间。受西南暖流的影响，冬、春季节降水较少，有较明显的旱季，尤以西部贞丰、望谟、册亨、罗甸等地最为明显。此类喀斯特山地常与南盘江、北盘江、红水河河谷地带的非喀斯特山地（即侵蚀－剥蚀类型）相毗邻联结，尤其是山地地势较低部位，逐渐被非喀斯特山地所取代。喀斯特山地以喀斯特中山、低山为主，常与强及中等切割的侵蚀剥蚀中山、低山交错分布，南部贞丰一带峰林发育，册亨、望谟等地为强喀斯特化地区，地貌类型具有环带状分布特征，喀斯特山地（包括喀斯特峰丛中山、喀斯特中山等）呈马蹄环带状。局部地段地表河缺乏，地下水深埋，形成极度干旱的生态环境（如紫云、望谟一带的麻山地区），大大制约了农业生产的发展，使之成为贫困较深的地区。根据生境中植被特征，可再次分为针叶林、阔叶林、灌丛、灌草丛、旱地、水田和果木林等次一级的生态环境亚类。

(九)温和春半干夏湿喀斯特山地生态环境(Hd)

广泛分布于黔中广大地区以及北部习水地势较高处。喀斯特山地大多在海拔 1 400 m 左右,少数可达 1 800 m 以下,相对高差在 500 m 以上,尤以乌江以南的河流分水岭地区为高耸。在乌江北岸沿乌江干流及其支流成带状分布,为 900～1 400 m 的低中山地形比较破碎,切割深度常在 300 m 以上。生境中水、热条件良好,水、热同期,尤以夏半年雨水较为集中,春半年降雨较少,形成春半干夏湿气候。生境中植被条件较为复杂,特别是由于人口、工厂、城镇较为集中,人为活动对植被的影响较大,故形成大面积连片分布的喀斯特山地灌丛生态环境,生境质量较低,并有日趋恶化的发展趋势。根据植被特征的不同,可再次分为针叶林、阔叶林、灌丛、灌草丛、旱地和水田等生态环境亚类。

(十)温和春干夏湿喀斯特山地生态环境(Id)

主要分布于黔西南地势较高的普安、晴隆、兴义、贞丰等地,受西南暖流和西南季风的影响,冬春降水较少而夏季降水偏多,故形成春干夏湿气候。热量条件适中,≥10 ℃积温在 4 000 ℃左右。喀斯特山地多是深切割的峰丛山地峡谷,地面坡度大,是南盘江、北盘江深切峡谷之间的一个分水岭地块,除峰丛山地峡谷外,常有溶丘洼地、峰丛洼地等混杂其间。根据植被特征及土地利用方式的差异,可再次分为针叶林、灌丛、灌草丛、旱地、水田和城镇等次一级的生态环境亚类。

(十一)温凉春干夏湿半喀斯特盆地生态环境(Ke)

主要分布于黔西北高原的威宁、水城一带。一般在海拔 1 700～2 400 m,分别为中、高盆地。这些盆地常由断陷形成,盆地有地表水汇入,周围也常有地下河汇入,盆地中有较厚的第三系或第四

系河、湖相沉积，草海最厚可达 85 m，水城盆地也厚达 39 m。在盆地周围往往由峰林、峰丛地形所围绕。由于所在地理位置为西南暖流控制的西部地区，所以降雨有明显的季节差异，冬、春在西南暖流的控制下，气温较高，降水较少，形成明显的干旱季节。夏季由于同时受太平洋季风和西南季风的影响，降水较集中。故形成典型的春干夏湿气候类型。热量条件由于地势较高而显得较差，≥10 ℃积温在 3 500 ℃以下。这类生态环境由于植被特征和土地利用方式的差异，可再次分为针叶林、灌丛、旱地和城镇等次一级的生态环境亚类。

(十二)温热春干夏湿半喀斯特丘陵生态环境(Eg)

主要分布于黔西南南盘江流域地势较高的兴义、兴仁、安龙一带，盘县南部也有少部分分布。分布地貌为喀斯特化丘原，部分地区保留较典型的残丘坡地的地貌组合，其出露的下二中三叠统为主的碳酸盐岩与碎屑岩互层，致使残丘多呈低矮的浑圆状，相对高度多为数十米，常有较厚的残积层覆盖，最厚可达 20 m，因而形成半喀斯特丘陵。受西南暖流和西南季风的共同影响，生境在冬春季节降水偏少，干燥度指数常大于 1.5，而夏季降水丰富，故形成春干夏湿气候。由于分布区所在纬度位置偏离，热量条件较好，一般地区≥10 ℃积温都可达 5 500 ℃，少数地势较高的地区也在 5 000 ℃左右。根据生境的植被特征，可再次分为针叶林、灌丛、灌草丛、旱地和水田等生态环境亚类。

(十三)温和春夏半湿半喀斯特山地生态环境(Gh)

广泛分布于梵净山以北的黔北、黔中北地区，以印江、务川、道真、正安、遵义、绥阳、思南、石阡、开阳、瓮安等地分布较为集中。黔北、黔中北的半喀斯特山地主要是因震旦至志留系、二叠系至三叠系的碳酸盐类岩层厚度较大，分布较广，且常与砂页岩相间产出

所致,在喀斯特山地上常有面积不等的砂页岩侵蚀山地所间隔,造成喀斯特地貌与流水侵蚀地貌共存的半喀斯特山地。北部道真、正安、务川等地的半喀斯特山地多为低山,中部绥阳、遵义、瓮安、石阡等地多为低中山。生境中热量条件适中,≥19 ℃积温在4 500 ℃左右,降水分布也较均匀,无明显的干旱季节。但因受梵净山的阻碍,春季较迟,时有春旱发生,干燥度指数可在 0.5～1.0,而夏季也时有伏旱发生,故形成春夏半湿的气候类型。生境中植被与土地利用方式多样,可再次分为针叶林、阔叶林、灌丛、灌草丛、旱地、水田和城镇等生态环境亚类。

(十四)温和春半干夏湿半喀斯特山地生态环境(Hh)

主要分布于黔中广大地区,以及黔北西部习水、桐梓等地地势较高地区,向西一直延伸到纳雍、织金等县的东部。半喀斯特山地多海拔在 1 400 m 以上的中山,山高坡陡,切割较深,尤其在局部河流的分水岭地区,相对高度可达 300 m 以上。由于局部地区有侏罗系砂页岩及晚白垩系、第三系红色陆相地层分布,故形成侵蚀地貌与喀斯特地貌并存或相间分布的半喀斯特山地。生境中热量条件因地势较高而稍差,年≥10 ℃积温多在 3 500～4 500 ℃。降水较多,但时间分布不均,春季降水较少,常出现干燥度指数达 1.0～1.5 的天气,但夏季降雨则较充沛,干燥度指数一般小于 0.75,形成典型的春半干夏湿的气候类型。生境中植被类型及土地利用复杂多样,可再次分为针叶林、阔叶林、灌丛、灌草丛、旱地、水田和城镇等生态环境亚类。

三、喀斯特生态环境脆弱性

贵州喀斯特环境系统的基本特征是:地球表层的物质是可溶解的碳酸盐岩,物质能量流动是 C、Ca 元素交换、贮存和转移的化

学溶蚀动力过程;形成的地域结构是二元(地表、地下双层结构)三维空间地域;环境系统是耗散结构开放系统。整个环境系统在运行中形成了一个复杂的、多相多层次的、高熵喀斯特环境界面,由于环境向生态系统输入的负熵流小,导致整个生态环境系统显示出稳定性差、变异敏感度高、抗干扰能力弱、异质性强、系统功能低下、环境生态容量低等一系列脆弱性本质特征。如果人类不合理利用喀斯特环境,向环境系统输入负熵流,那么喀斯特环境潜在的脆弱性将被人类活动而强化。

(一)水土环境要素缺损、生态系统结构简单

在自然环境-生态系统中,环境中的化学物质通过土、水环境要素被植物吸收后进入生物界,而后又复归环境,实现环境与生物界之间的生物地球化学循环。很明显,在这一循环中,土、水环境要素起着十分关键的作用。因此,喀斯特生态环境中出现结构性缺损,即土、水环境要素的缺损不仅是生态环境系统脆弱的重要原因,也是生态环境系统自身脆弱性的表现。

1.喀斯特成土物质少、成土速度慢

喀斯特成土物质来源于碳酸盐岩风化淋溶后的残留物质。由于碳酸盐岩在风化溶蚀中,90%的物质溶解于水而被带走,不溶残留物的含量一般小于10%,据贵州132个样点资料分析,平均含量仅3.9%。而且,这种质纯的碳酸盐岩,占贵州碳酸盐岩总厚度的62.8%,含有10%~70%碎屑岩夹层的次纯和不纯的碳酸盐岩类仅占37.2%(韩至钧、金占省,1996)。

很多学者对喀斯特成土速度做过研究,虽然数据不尽相同,但认为喀斯特成土速度缓慢的结论是一致的,形成1 cm厚土层需要的时间在2 500~8 500年之间,平均约4 000年,即每年生成0.002 5 mm厚土层,成土量约2.5 $m^3/(km^2 \cdot a)$。

2. 土壤易于流失、喀斯特环境异质性较强

贵州地表、地下喀斯特发育，地表起伏度大，山高坡陡，聚积了较大的势能，加之土壤与母岩之间缺乏 C 层，土石之间粘合力差，暴雨之下易发生土块滑移。这些因素导致地表土层的稳定性较差，在流水作用下易于迁移流失而重新聚积。

土壤迁移流失的形式有两种：①地表迁移流失。坡面上的土壤顺坡面向低处迁移。在迁移的途中，一部分土壤暂时堆积于坡面上的溶槽、裂隙、凹地和小台地上，或被植被阻留于坡面；另一部分迁移至山下的洼地、盆地和谷地之中；还有一部分被河流带走。②另外一种形式是土壤从地表经溶蚀裂隙、溶洞、落水洞等迁移至地下，其中一部分土壤存留于岩体空洞之中，另一部分由地下河带至地表河流。这就是说，喀斯特土层的迁移流失是双向的。

由于喀斯特成土速度慢，土壤易于流失而重新聚积，导致喀斯特环境异质性较强。在较小的空间范围内，土层厚薄不均，甚至出现无土覆盖的裸岩。在较大的范围内，洼地、盆地及山麓的土层较厚，一般在 2 m 左右。分布很广的坡地，土层浅薄，一般小于 40 cm，且裸岩零星分布。还有一些山地的裸岩大面积出露，形成石山、半石山或石芽地，以致土层薄而不连续，成为贵州土被分布的基本特征。

喀斯特区域土层处于负增长状态，是贵州土壤流失的又一特征。据对贵州红枫湖喀斯特流域的物理侵蚀研究资料，其成土的残留物生成速率小于 0.001 $g/(cm^2 \cdot a)$，流失速度为 0.003 $g/(cm^2 \cdot a)$，成土量仅为流失量的 1/3，区域土层处于负增长的状态（万国江，1995）。

3. 土壤供应植物的营养元素不平衡

在形成土壤的碳酸盐岩中，所含生态元素是 Ca、Mg、Si、Mn、Zn、C、Fe、Ai、Hg、As、H、O 等富钙亲石元素系列，而且母岩的矿物结构简单，因而转移到土层中的营养元素 N、P、K、Na、I 等相对缺

乏。这种生物地球化学作用和性质,导致土壤自然肥力低、对植物营养元素供应不足的先天缺陷。据有关资料,石灰土的全氮含量为0.028%~0.182%,全磷0.036%~0.087%,全钾1.35%~2.29%,盐基代换量7.37~20.38 mg/100g,pH值6.5~7.5。土质以粘、瘦、富钙和偏碱性为其特征。

4.土壤水分亏缺、生境干旱

由于坡陡土薄,土壤粘粒多,孔隙度小,加上土层下伏基岩的喀斯特渗漏严重,土壤的保水性和蓄水能力较差。另一方面,渗入地下管道系统的水,因埋藏较深,实质上不能被生长在地面的农林植物所吸收,因此生境中的有效水分大大减少,生境常处于干旱状态。即使在局部喀斯特洼地和盆地,降雨虽因渗漏不及而形成暂时积水,但降雨停止过后,积水很快渗漏,生境随即变得干旱。据原贵州农学院对乌江流域不同母岩土壤的贮水量研究,碳酸盐岩生成的石灰土,平均贮水量为298.39 mm,比其他岩类生成的土壤低27个百分点。30 cm厚的土层,抗旱能力一般为5~7天。1994年对茂兰喀斯特森林土壤的水分亏缺进行了研究,3个样地土壤水分亏缺累计4~21次不等,持续时间多至15~30天,少则5~8天,个别年份也可能出现更严重的水分亏缺(朱守谦,1997)。

5.生态系统结构简单、稳定性差

喀斯特土、水环境要素缺损,环境与生态之间的物质能量受阻,植物生境严酷。这种环境不仅导致了对植物的严格选择,植物也以调整自身的方式,甚至发生变异来适应环境,使喀斯特山区的植被结构简单,森林稀少,局域植物的种属减少,群落结构相对简单,甚至发生变异。在喀斯特山区(非喀斯特岩类除外),森林覆盖率不超过10%,其余广大山地均为旱生植物群落,如多种藤刺灌丛、旱生性禾本灌草丛、肉质多浆灌丛,导致区域喀斯特生态系统结构简单而脆弱,生态功能低下。就是喀斯特森林植被,也是一个动态脆弱的生态系统,不仅植物种属成分相对较少,一般比非喀斯

特区少30%～50%，群落结构相对简单，而且只在环境参数的严格限定值内才能持续存在，并将在环境参数或种群值的重大扰乱之下崩溃，生态系统发生逆转，生境严酷性剧增，甚至植物难以立生，形成石漠景观。随着植被和生境的退化，植被恢复难度激增。

(二)喀斯特环境的生态容量低

贵州是裸露型喀斯特最发育的地区，虽然有湿润亚热带的良好水热条件，但是由于喀斯特环境这一基本因素产生的巨大负效应，水、土、光、热等要素组合不和谐、不优化，导致环境整体功能差，环境生态容量低。

1.植物生产量低、生长速度慢

植物群落是生态系统的第一性生产者，它将太阳能转化为生态系统中最初始的生物能，以后各级按“百分之十定律”传递。因此，植物生产量的高低决定着整个生态系统生物量的多少。

喀斯特森林是一种生产量不高的森林。以达到顶级群落的茂兰喀斯特森林为例，地上部分的生物量每公顷共110.69 t，其中乔木层为89.19 t，灌木层为15 t，枯枝落叶层6.5 t。这样的生物量不仅低于同气候带的非喀斯特森林，也低于较高纬度的寒温带针阔混交林和亚高山针叶林，只相当于亚热带半干旱地区的生产量(170 t)。林木生长速度极慢，茂兰森林中常见的15个树种，胸径绝对生长量在0.054～0.329 cm/a之间，平均为0.211 cm/a。其生长速度不及本省黎平变质岩地区参照树种的1/2。树高生长量也低，23株解析木总平均生长量为0.228 m/a，最高0.381 m/a，最低0.052 m/a。其次是天然株的密度小，平均2 400～2 700株/hm^2，而且胸径6 cm以下小树占60%左右(朱守谦，1997年)。

植物生长量低，反映了喀斯特生态环境中，能量流和物质流不畅通，系统整体功能差，环境生态容量低。黔中9个样区的灌丛群落平均生物量每公顷为21.9 t，其中地上部分为11.73 t，仅为非喀

斯特灌丛区的1/2～1/4。实测普定波玉河流域草丛生长量，喀斯特草坡草丛生长量为146～205 g/(m^2·a)，不仅低于同流域砂页岩草坡288 g/(m^2·a)的生长量，也低于全国平均生长量310 g/(m^2·a)(李火林，1997)。农田生态系统中，以种植业的生产量最高，2001年粮食单产平均为291.3 kg，比全国平均水平低63.39 kg，远低于同纬度的东部省份。

2. 自然生产潜力低

虽然对喀斯特生态环境的自然生产潜力及其综合产量未做过系统研究，但通过粮食作物产量与光热资源潜力的对比，以及环境因素对光温潜力的衰减关系，可以明显地看出自然生产潜力不高，环境生态容量低。

以黔中息烽为例，总面积为1 035 km^2，山地、丘陵、平地各占总面积的57.5%、34.1%、8.5%，海拔高程609～1 749 m，太阳总辐射能343～376 kJ/cm^2，生理辐射能176～188 kJ/cm^2，大于10 ℃的积温3 400～5 000 ℃，喀斯特面积占80.3%，其自然环境在贵州有一定的代表性。在1991年，贵州省山地资源研究所和息烽土地管理局对息烽粮食作物生产潜力做过研究。研究者在调查的基础上，把全县划分为4个气候区，9个生态单元，采用目前通用的“农业生态区域法”理论进行估算：按光能的3%计算，粮食作物的光温潜力可达1 500～2 000 kg。由于地势高和温度垂直分异，水稻的光温潜力降至755～1 200 kg；又受降雨因素的影响，气候潜力降至675～948 kg；再受喀斯特土层薄、肥力低、地表干旱、水土流失等因素的制约，土壤潜力仅为325～725 kg，现实产量只有183～427 kg，平均287 kg(表3-4)。从光温潜力到土壤潜力，自然生产潜力减少了87%，现实产量的生理辐射利用系数不到1%，土壤潜力也只达到光温潜力(3%计算)的1%，不及广东现实产量对光能利用的水平。广东水稻的生理辐射利用系数普遍在2%以上，在贵州目前只有极少数的坝地才能达到。

表 3-4　　息烽主要粮食作物的生产潜力表

作物	潜力类型	生产潜力/(kg/0.067 hm²)		衰减幅度/%	备注
		平均潜力	变化范围		
水稻	光温	1 097	755～1 200	100	光温潜力按6%的理论利用率计算，粮食产量3 000～4 000 kg按利用率3%计算，每公顷产量为22.5～30 t。
	气候	960	675～984	－18	
	土壤	578	325～725	－17	
	现实产量	287	183～427	－75	
玉米	光温	1 056	985～1 100	100	
	气候	746	670～945	－29	
	土壤	360	245～380	－66	
	现实产量	145	116～219	－88	
小麦	光温	608	600～630	100	
	气候	469	356～540	－23	
	土壤	271(土)	210～330	－55	
		358(田)	345～425	－41	

(三)生态环境系统变异敏感度高

生态系统的敏感度是相对于人类活动而言的，指的是不同的环境因素(或环境系统)对人类活动干扰的耐受能力，耐受能力强说明环境因素对人类活动的影响反应不敏感，敏感度就低。敏感度越高，环境的耐受能力越弱。为便于比较，这里采用美国学者J.罗伯兹(Jams Roberts)的环境敏感度模型等级标准，即共分6个等级：极端敏感——环境因素将承受永久性不可恢复的影响；相当敏感——环境因素将承受10年以上的时间方可恢复影响，其恢复和重建相当困难且代价高；一般敏感——环境因素将承受4～10年时间方可恢复，其恢复和重建较困难，代价较高；轻度敏感——环境因素将承受4年以内时间方可恢复影响；以下还有稍敏感和毫不敏感等级。这一评价标准，强调了可恢复影响的时间和难度。观察人类对生态环境影响的程度和恢复过程，可用植被类型演替

序列来直观表达(图 3-4),喀斯特生态环境顺向和逆向演替的顶级阶段分别是喀斯特森林和石质荒山。

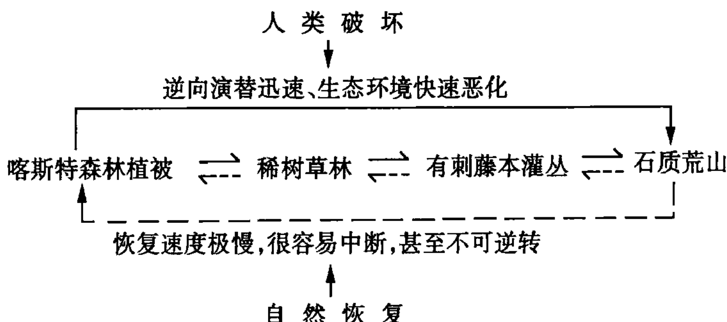


图 3-4 喀斯特生态环境受人类破坏后植被景观演替示意图

对喀斯特森林的破坏方式主要是成片砍伐、火灾和毁林开荒,由于破坏方式不一样,环境的敏感度也有差异:成片砍伐和森林火灾,如果人类活动不再继续干扰,演替指向森林,从灌丛到森林一般需要 10 年以上的时间,但土壤受到一定的侵蚀,生态系统中物质、能量交换减弱,水分减少,肥力降低,整体生态功能下降。非喀斯特砂页岩上的森林,由于母岩成土速度快,土层较厚,从灌丛恢复到森林一般约 5～6 年。

毁林垦荒则不同,由于把老树根、树桩、草根挖掉,又不采取防止水土流失措施,通常在 1～2 年内,极薄的土层被冲刷流失,裸岩面积扩大,生境强烈异质并向旱化趋同,植物难以生存,呈现出一片石漠化景观,生态环境逆向演替到石质荒山顶级阶段。如果在石漠化的土地上恢复植被,不仅人工造林难度大,就是自然恢复也需要很长时间,通常状况下,恢复草丛要 1 年,草丛到灌丛要 5～8 年,灌丛到矮林要 10～15 年,矮林到森林 8～10 年,完成全部演替至少要 24～34 年时间。而且恢复后的森林因生境异化和一些树种消失而面目全非。在生境极为干旱的山地,很难完成向森林的

演替，长期处于草灌丛、多刺灌草丛或灌丛阶段。而在非喀斯特的砂页岩地区，完成从草丛到森林的演替只需要10～17年时间。

从上述分析中可以明显地看出，喀斯特生态环境的耐受能力低，敏感度高，比同一地区的非喀斯特砂页生态环境系统高1倍左右，用J·罗伯兹分级标准衡量，属于仅次于极端敏感之后的相当敏感等级以下。但是，贵州喀斯特生态环境不全部都是相当敏感的区域，一般坡度大于25°的山地是相当敏感区，10°～25°山地为一般敏感区，10°以下的区域其敏感度在轻度敏感度等级以下。然而，贵州相当敏感等级之上的面积约占贵州总面积的34.1%，一般敏感等级以上占83.73%。

(四)喀斯特环境问题较多，灾变承受阈值小

喀斯特环境与非喀斯特环境相比，潜在的环境问题较多，其中一些是喀斯特环境所特有的。潜在的环境问题显现之后就变成环境灾害，而且灾害的空间容量和时间限度弹性很小。

1.裸岩率高给石漠化提供了自然基础

这里说的裸岩率是指单位面积上无土覆盖的岩石面积的多少。由于碳酸盐岩区域侵蚀是全球空间尺度的地质作用，又是区域土粒亏损负增长的过程，这种负增长过程多发生于山坡和地表水地下强烈转化的地方，土粒流失、基岩裸露。

这种自然形成的石漠化土地在中国古代就已出现。16世纪初，中国古代地理学家徐霞客在入黔游记中，就记叙了独山下司一带已有"石齿锯，横峰竖锷，莫可投足"的裸岩石芽地。贵州由于雨热条件好，这些石漠化山地往往有植被覆盖，远看一片绿色。当人为因素如毁草、毁林、开荒种地之后，一片石漠化景象就呈现于眼前，而且还加剧了土粒流失和石漠化进程。

喀斯特石漠化的实质是裸岩面积扩大。生境裸岩率大，不仅减少了土地有效使用面积，而且是石质山地石漠化的自然基础。

据1980年森林调查统计，石山（灌木盖度不足40%，裸岩面积占70%）和半石山（裸面积占30%~70%）面积共13 466.7 km^2，占全省土地面积的7.6%，占喀斯特总面积的12.4%。这一数据显然不是无土覆盖的生境裸岩面积，比如茂兰喀斯特森林平均裸岩率为70%，但森林覆盖属于不统计之列。如果把林地、草地、旱坡地和石山、半石山、荒山中的裸岩加在一起，生境裸岩面积比重将大大超过7.6%。

根据熊康宁、黎平等（2002年）利用1999年遥感解译结果分析，贵州喀斯特石漠化程度相当严重，已达到令人触目惊心的地步。在全省176 167 km^{2}的国土面积上，中度以上石漠化面积13 187 km^2，占到7.49%；轻度以上石漠化面积35 920 km^2，占到全省的20.39%；如再加上具有潜在石漠化的土地，面积可以达到45.20%，意味着石漠化的危险性非常高。

据原贵州农学院在德江的样地调查：农林地裸岩率为25.20%，坡土为20.51%，荒山为68.81%。息烽土地适宜性评价指标中，勉强适宜和不适宜级旱耕地的裸岩率分别为15%~25%和大于30%；勉强适宜和不适宜草地的裸岩率分别为15%~25%和25%~35%；林地中勉强适宜和不适宜级分别为30%~70%和大于70%。以中值乘以面积估算，生境裸岩率约21%左右。

2.特殊的喀斯特旱、涝灾害

在喀斯特山区，旱、涝灾害固然始于灾害性天气，但发生的频度和灾情，常被喀斯特负面效应强化，从而加剧了气候灾害的灾情，稍有旱、涝即能成为灾害。

据历史资料记载，贵州旱灾发生频繁，近500年以来，平均5年出现1次旱灾。1749~1993年的244年内，发生旱灾124次，平均2年1次，其中1972年夏旱，粮食减产幅度达20%。为什么在年均降水量达1 100~1 400 mm的贵州省，又被视为“天无三日晴”的地区，会发生如此频繁的旱灾呢？究其原因，除气候灾害外，

就是与喀斯特地表渗漏严重和土层薄、保水性差密切相关。小于40 cm厚的坡土，一般5～7天不下雨即出现旱情。我们把这种因喀斯特发育造成的地表生境干旱称为“喀斯特干旱”。喀斯特干旱加剧了气候干旱的旱情，起着推波助澜的作用。其次是地表水因渗漏转化为埋藏较深的地下水，其结果是一些地表河变成季节河，甚至上千平方千米的土地上没有一条地表河流，如册亨冗渡至兴义泥凼一带，1 500 km^2 的土地上没有一条地表河，这对旱灾之际取水抗旱带来极大困难，加重了灾情。

虽然没有系统地研究过喀斯特干旱的致灾程度，但可以从旱灾之年，喀斯特与非喀斯特地区粮食减产的幅度中，看出喀斯特干旱的严重影响。例如1972年夏旱，秋粮大幅度减产，统计贵州夏旱指数最高的东部各县(表3-5)，即荔波－三都－丹寨－麻江－开阳－息烽－金沙一线以东的44个县、喀斯特面积比重大于50%的28个县，秋粮平均减产幅度达36.5%(与1971年比)，各县减产幅度在－13.6%～－54.0%之间。而喀斯特面积比重小于50%的16个县，粮食平均减产幅度为－17.5%，减产幅度降低18.7%，各县减产幅度在＋4.7%～－50.4%之间。喀斯特干旱造成的灾情是严重的。

表3-5　贵州东部夏旱秋粮减产幅度与喀斯特面积比重对比表

喀斯特面积比重	县(市)数/个	秋粮总产量/t		减产幅度/%		备　注
		1991年	1972年	变化范围	平均	
>50%	28	1 870 803	1 211 223	－13.6～－54.0	－35.3	据贵州县情资料统计
<50%	16	672 979	561 053	＋4.7～＋50.4	－16.6	

其次，贵州又是一个容易发生局部涝灾的喀斯特环境。一些汇水面积不等的封闭性洼地或坡立谷，由于缺乏地表排水河系，当地下排水管道排水不畅，一遇大雨就积水成涝。这种“水淹坝”积水少则三五天，多则十数天，有的“水淹坝”甚至因地下管道堵塞而形成湖泊。如贵州最大的湖泊——草海，以及织金的八步湖就是

这样形成的。据不完全统计，全省被淹没的洼地有300余处，面积大于33.3 hm^2 的洼地，有44个经常被淹没。面积达667 hm^2 以上的桐梓葫芦坝坡立谷，最近的一次涝灾发生于1986年7月2日，因暴雨和潘龙洞排水不畅，淹没农田2 126.7 km^2，房屋倒塌306间，估计经济损失约500万元。

3.喀斯特地表塌陷

地表塌陷虽然不是喀斯特环境所特有，但从发生的普遍性、频繁性和规模大等情况看，则是其他地理环境所不及的，而且形成塌陷的机理也不一样。喀斯特塌陷本身就是喀斯特地貌建造过程之一，其实质是碳酸盐岩被溶蚀而形成空洞，空洞扩大，洞顶上覆土层在水、土、气三相平衡中，超过其稳定临界值，即发生地表塌陷。由于塌坑形成的具体位置有很大的随机性，发生时间又具有突发性，以及塌陷孕育过程的标志不易捕捉，给预报和防治带来困难。

喀斯特自然塌陷是很少的，主要是人类经济活动，如抽取地下水、矿山排水、水库及铁路建设等人为因素诱发而产生的，发生的地方多是浅覆盖型喀斯特分布区。至1990年，全省共发生塌陷72处，塌坑2 153个，塌陷范围大于1 km^2 的有4处，塌陷强度大于100个/km^2 的共17处，发生塌陷最多的地点是水城、安顺、贵阳、六枝、平坝、遵义等县(市)，其中水城盆地的塌陷最为强烈。因抽取地下水，在5 km^2 面积内，1968～1987年间共产生塌坑808处，仅水城钢铁厂赔偿的塌陷损失费就超过100万元。一些中小型水库也因塌陷漏水而成为病害水库。如20世纪70年代所建的马畔塘水库，由于塌陷100余个塌坑，水库一度失效，被迫进行防渗处理。

矿山排水是诱发塌陷的主要人为因素之一。由于贵州目前开采矿山多位于地下水位上，引起的地表塌陷尚不严重，仅个别矿山。如贵州铝矿曾因竖井突水，引起塌陷，塌坑将地表河水导入矿井，影响了建设工期。随着矿产资源开发由开采水上矿转入开采

水下矿，喀斯特塌陷将成为矿山建设和生产的潜在威胁。湖南涟邵煤矿就是一个严重塌陷的例子，矿山排水影响范围 74 km^2，在 26 km^2 范围内产生塌坑 7 290 个，影响河溪 28 条、山塘水库 180 处、农田灌溉面积 26.7 km^2，井泉干涸 310 个，影响居民用水 3.16 万人，拆迁民房 7.65 万 m^2，发生大小淹井事故 371 次，总计赔偿费和矿井自身损失金额约 9 000 多万元。像这样高频度和大规模的塌陷，在非喀斯特地区几乎是不可能有的，而在喀斯特地区却是司空见惯的地质灾害现象，同时反映了喀斯特环境抗干扰能力低这一脆弱性。

4. 喀斯特渗漏

喀斯特溶洞及地下河发育的碳酸盐岩岩体，具有极强的透水性，这种透水性不仅导致地表生境干旱，也会使水利水电工程产生严重的水库渗漏。由于喀斯特渗漏具有渗漏范围宽、渗漏量大、处理工程大、时间长、费用高等特点，因此往往影响建设工期，降低工程效益，增大建设投资。

例如贵州猫跳河四级电站，初期渗漏量达 20 m^3/s，后经初步处理，现在仍然渗漏 15 m^3/s，每年损失发电量 0.6 亿 kW·h。东风电站右岸的绕坝渗漏范围长达 3 km，处理帷幕线长度为 2.5～3 km，处理面积 55 万 m^2，处理费用数千万元，仅次于土耳其的凯班水库。贵州中小水库中的病害水库，有 1/2 是因喀斯特渗漏造成的，并因渗漏降低灌溉效益，甚至有的成为报废水库。一些大型工程的防渗处理费用达到大坝造价的 10%～30%（邹成杰，1993）。

5. 喀斯特环境易遭受污染，且治理困难

地表、地下形态组成的二元结构，是喀斯特环境的基本特征。在浅覆盖型和裸露型喀斯特区，植被覆盖度差，土层薄、阻透性差，地表漏斗、竖井、落水洞密布，并与地下河、溶洞沟通，因此碳酸盐岩双重含水介质的自净能力弱，对污染物质的容量小，进入地下的污水浓度难以大幅度降低。因此，较高浓度的混合污水，最先沿流

速最快的管道水扩散，形成线状带，与此同时又以浓度扩散方式污染管道水周围的裂隙水，最终使这片地的水、土、气都受到污染。贵州污染最严重的地区仍然是城市和工矿区，近些年来，随着乡镇企业的发展，污染面也在逐步扩大。

四、喀斯特脆弱生态环境对农业的负面效应

农业是一种资源约束型产业，对自然环境的依赖性很强。喀斯特生态环境的脆弱性，对农业的负面效应比对其他产业尤为巨大，而且通过对农业的约束，制约贵州社会经济发展的进程。对农业而言，除了生态环境类型多样、生物资源物种丰富，有利于农业立体配置和发展多种经营外，其余方面的负效应表现是极为显著的，以致成为制约贵州经济社会发展的非经济因素(图 3-5)。

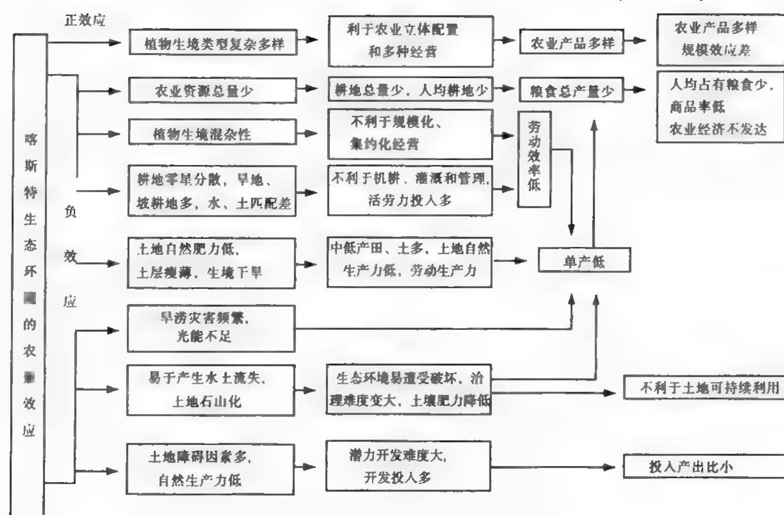


图 3-5　贵州喀斯特生态环境的农业生产效应模式

第一，农业资源总量短缺，宜耕地共有 28 000 km^2(统计数为 18 466.7 km^2)，仅占土地总面积的 17%，人均耕地 0.08 hm^2(统计

数为 0.053 hm^2),制约着粮食生产总量。

第二,生态环境类型空间分布的混杂性,不利于区域化、规模化、集约化经营的基地建设。耕地零星分散,平地少,旱地多,坡耕地多,交通不便等,不利于机耕、灌溉和管理,而且活劳力投入多。以上因素降低了劳动生产率,导致单位面积产量低,总产量少。例如经营 0.067 hm^2 玉米需要 34 个工日,木材采运劳动生产率为 20 m^3/(人·a),低于全国平均 50～100 m^3/(人·a)的水平,每个劳动力平均生产粮食 696.9 kg(1984 年),为全国平均水平的 57%。

第三,土壤瘦薄,自然肥力低,生境干旱,致使中低产田土占 86.5%,良田沃土仅占全省土地总面积的 2.4%。土地自然生产力低,劳动生产率也低,导致单位面积产量低,制约了总产量。低产田单产 200 kg 左右,低产土在 150 kg 以下,还有一些轮歇地单产仅 34～40 kg。全省森林平均生长量为每公顷 48 m/a,按宜林地计算,1984 年平均每公顷林地产值 625.5 元/a,而喀斯特森林平均每公顷生长量 3～4.5 m^3/a。

第四,旱涝灾害频繁,降低土地生产力,总产量不稳定。在相同的大气候条件下,喀斯特区的旱灾频率较非喀斯特区高 18%～30%,旱灾旱情也较严重,而且还会产生特殊的涝灾。如兴义常被淹没成涝的“水涝坝”(涝洼地)即达 121 个,成灾面积可达 1 556hm^2,但平时稍晴不雨即出现干旱,连续 20 天不雨就会减产。

第五,喀斯特山地易于水土流失,不仅降低肥力而影响单产,其后果是土地石山化,进而丧失生产力。生态环境易遭受破坏,治理难度大、时间长,不利于土地可持续利用。

第六,土地农业利用障碍多,自然生产潜力低。开发土地潜力投入大,开发难度大,投入产出比值相对较小。例如开发耕地的生产潜力,贵州 2001 年耕地粮食平均每公顷产 3 525 kg,其潜力应该是很大的,如果把单产提高到 5 580 kg,可实现中期潜力 1 200 万 t 总产量目标。从栽培农业技术看,实现 4 500～6 000 kg 的单

产水平是没有问题的,但其前提是对中低产田、土进行土壤改良、坡改梯治理水土流失和灌溉配水工程建设,使耕地的水、土基本条件得到保证。否则,再好的农业技术也发挥不了应有的作用。

以兴义则戎乡坡改梯工程为例,坡改梯每 0.067 hm^2 投入炸药等物质 323.9 元,人工 261 个,每个工日按 2.5 元计算折合 652.5 元。如果再配小水池,容积 25 m^3,建设费 1 250 元,合计 2 226元。使用期按 50 年计算,每 0.067 hm^2 每年所摊总投资为 44.5 元。按每 0.067 hm^2 收入粮食 6 年平均价计算,新造地的粮食收入和其他作物收入 314.6 元;0.067 hm^2 生产投入 37 元,劳动投入费用 59 元,农业税 9 元,加上造地摊入费用共 149.50 元,每百元成本 48 元,0.067 hm^2 盈利 165 元,每 0.067 hm^2 投入回收期为 13.5 年。投入产出比为 1:1.45,如计算物质投入经费的利息,投入产出比小于 1:1.08。以此水平改造贵州 15°~25°之间 12 240 km^2 坡土,不计算人工费,只计物质投入费用,按每 0.067 hm^2 投入 1 037 元计算(1992 年价)高达 197 亿元,如果每年改造 666.7 km^2 万亩,需要 18 年时间。况且贵州的中低产田土占耕地面积的 86.5%。所谓难度大,最大的难度就在于此。

林业的潜力开发难度更大。贵州宜林地几乎占贵州土地面积的 1/2,其中未利用的面积占 23%,看起来潜力很大,其实在未利用的林地中,有很大一部分是喀斯特石质山地。由于生境严酷,不仅造林难度大,森林生长量也很低。这种地方的林业经营,生态效益远大于经济效益,经济效益寓于生态效益之中。因此,喀斯特山区的林业总体上是生态林业,以生态效益为主。如进行林业经营,还寄希望于科学研究,筛选出一批经济效益较好,经济、生态兼顾的适生树种。

第四章　人地关系失衡的地域系统

——人类生态环境反思

可持续发展是世界和中国21世纪发展经济的主题，核心是实现人口、环境、资源和社会的协调发展，其本质是反映了人与自然的关系。21世纪也是人类后工业化阶段，步入知识经济的世纪，并且将在新的生产力及其空间组织特性、新的人地关系地域系统和生态文明上又进入一个历史的新阶段。

一、人地关系地域系统的历史演变

人地关系地域系统是一个复杂的巨系统，它包括两个同样具有复杂系统性质的子系统，即地理环境和人类活动子系统。任何系统都有要素(因素)、功能、结构、时序特征和空间特征，它们之间彼此联系、不可分割。抽去时间因素，我们便无法理解所研究的对象；孤立出空间特征而不与系统诸要素、它们的结构和功能相联系，我们也就无法解释空间(地域)特性本身。任何区域的开发、区域规划和区域管理，必须以改善区域人地相互作用的结构、开发人地相互作用潜力、加快人地相互作用在地域系统中的良性循环为目标，并且使其优化调控、协调人地关系、落实到区域综合发展上。

在区域发展中，环境是其基本约束因素，它要通过空间条件、资源状况、环境容量等因素进行。这些因素的共同作用就构成了环境约束机制。人类活动是人类社会作用于环境的基本形式，并随着人地关系的演化而影响着环境变化。而环境约束机制最初又

是区域发展过程中人类行为启动的,它通过被动的适应演变为主动的影响,最后制约区域的可持续发展。由于区域发展与环境变化是共同演进的,其间存在着互动关系,只要它们中的一方发生变化,另一方也要发生变化。由于二者都是通过作用于人类活动而表现出它们的存在,因此,必须选择适当的人类活动方式才能保证区域的可持续发展。当代所出现的一系列环境问题实质上也就是人地相互作用的一种负向表现,体现了人类活动对环境施加影响程度的方式,具有鲜明的时代特征。所以全球性的环境问题只能出现在工业化的社会生产力发展阶段。

区域发展与环境变化都是一种过程变量,它们分别表示环境容量对人类社会的制约程度和人类社会发展对环境作用的程度,

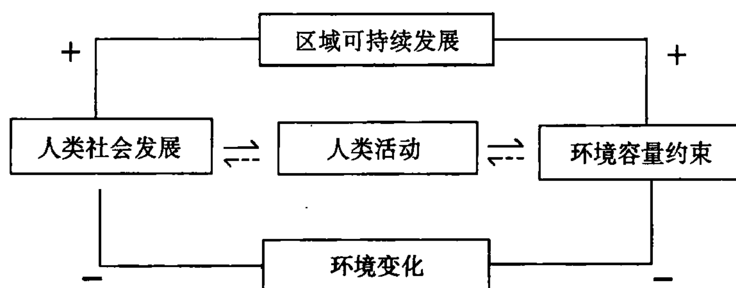


图 4-1　社会发展与环境容量的约束关系

且人类社会的发展与环境容量约束互为因果(图 4-1)。环境的持续性取决于环境中物质能量系统的协调性与稳定性,亦即只有环境的支撑供应能力与人类社会的需求相适应,环境的容量与人类的输出相匹配,环境物质能量的种类构成维持在一定的变化范围内,其中包括保持生物多样性时,才能真正做到一个地域经济、社会、生态的可持续发展。在人地关系地域系统中,人类的生产力是决定性因素之一,不同的生产力水平不仅形成不同的技术经济体制和交通运输体系,也决定了人对自然的利用改造程度及社会文化生活的内容和方式,造就了不同的人地关系地域系统。当然生

产力不是孤立的因素，它本身又与人地关系地域系统的其他因素有十分密切的关系，正如制度、体制、价值目标等，它是历史文化变迁和创新的产物，既是激发生产力的因素，也是制约生产力的因素。在生产力这一关键因素中，最突出的就是其战略资源。在早期的人地关系地域系统如原始社会、渔猎采集时代，其生产力的战略资源是自然力，如自然产品的生产力、人的体力和水力等。自然产品是人类生存和繁衍后代的必要条件，由于自然产品是不受人控制的，此时人对自然产品的依赖性很强，人们四处为家，经常迁徙，基本上还是自然界的一部分。

当生产力发展到利用土地、饲养动物、人的体力代替自然产品形成并成为战略资源时，人类步入农耕、畜牧时代，这时对自然界和自然力虽然仍依赖性很强，并选择农耕和居住条件好的地方，例如河流平原、盆地、丘陵地，聚族而居，形成相当规模的村落及周围的墓葬地。可以想像出当时当地人地关系的地域系统的总体特征：一片葱茏（森林、草地）的平原上，点缀着稀疏的大村落和周围的农田、牲畜，人对环境的作用加强了，但人与环境基本上处于均衡状态，这就是新石器时代（公元前 10 000～6 000 年）第一次产业革命的人地关系地域系统景象。这一时期的环境问题，是局部地区过度的渔猎及采集造成的物种资源的减少和灭绝，使人类自己的生存受到威胁。

第二次产业革命大致发生在公元前 3 000～1 000 年，农业和畜牧业成为主导产业，是人类社会第一次科学革命。人类社会以发明的铜器和铁器为标志，不仅人类对自然界实施一定的控制，而且农作物物种不断增加，产量也大大提高，且正常气候条件下、和平无战争时期，达到丰衣足食，剩余农产品为手工业的发展奠定了基础，甚至采矿、纺织、各类生产与生活器具、武器制作都相当繁盛。商品交换也成为新经济活动，城市开始出现，有的城市人口、建筑物密集，即农牧业生产随自然条件和环境特征相对均衡、分布

分散,手工业、商业、消费群体呈现相对集中和聚集,区域生产分工也开始出现,大型跨区域的交通如大运河、驿道、大规模的水利工程和军事防御设施已成为国家的重点建设议题。商品方面,对外贸易也成为必然,且历代统治者都重视人地关系和各产业之间的关系,视为富国根本,认为"农不出则乏其食,商不出则三宝绝,虞不出则财匮少,财匮少,则山泽不辟矣"(《周书》)。所以,生产力发展到农业社会,便是人地关系地域系统演变到又一个新的阶段。这时期自然的人也转变为自我的人,出现的环境问题主要是土地和森林丧失等生态破坏。

第三次产业革命可以说发生于18世纪末,蒸汽机的发明使机械动力代替了自然力,人也从体力的人转变为功能的人,从而使生产力出现了大的飞跃。中国这一过程推迟到19世纪后半叶,而贵州更为滞后。这一过程深刻地影响了社会、经济的各个方面,也根本改变了人地关系地域系统结构的形式。许多产业的分布有了更多的自由度和聚积度,工业化过程从此开始,大批小生产者从农村涌向城市工厂,而且大工业的迅速发展,对原材料和能源的要求。大大超过了对旧有技术中心的依赖,轻工业(纺织、食品等)是城市的主体。现代化的城市与乡村自给自足的自然经济、专业化的工业原料产地相混合,成为地域结构的重大特征。这一时代的环境问题是资源的减少、物种多样性的破坏、水土流失、生态环境恶化和大规模的环境污染。

第四次产业革命始于19世纪末,是以电力的普遍应用、机器制造业(包括交通运输工具制造)、化学工业为代表的先进生产力时代,工业逐步进入重工业化阶段。20世纪是实现工业化、城市化过程的世纪,各国经济也相继由自由竞争到垄断竞争。大公司、大财团左右着各地经济,物质资源、能源是这一时期的战略物质。高度聚集、大规模生产是大公司、大财团利润和财力的不可缺少的基础。以大城市为核心带的城镇群在各国出现,工业化和城市化

程度达到最高水平，创造了空前的生产力。而大型工业的高度集中，物质资源的高消耗，也使环境高负荷，生态环境危机随之发生，并首先在发达国家出现，资源危机和生态问题也逐步成为这些国家最严重的问题。长期积累的工业化负面后果，最终把全球变化、生态危机提到世界各国议事日程上来。

第五次产业革命——信息革命。如果说第四次产业革命生产力的战略资源是物质资源，以物质的、机械的、物理的、化学的属性开发利用技术和不同产业的生产力组合为标志，那么第五次产业革命生产力的战略物质资源就是智能、信息和知识，人也由功能的人向智能的人转变。信息成为产业的“原材料”，新的产业空间是对信息流区位产生强烈依赖的“流空间”。由于信息科学技术与生产力紧密结合，就使人地关系地域系统发生一次新的飞跃，形成智能生产力，产生出社会生产新结构、新形态，即新的产业综合体——硅谷、波士顿、剑桥（英国）、日本科学园等地区，是新产业空间的公共中心、基础发明、科技创新和高新技术产品的综合体、智能社会的细胞核。而且，信息产业的发达程度成为社会生产力水平的测试标准。如，纳米技术（分子装配技术）能使电子计算机建立在分子电子学的基础上，用分子尺度生产、装配 CPU 和数据储存器，达到用一个原子储存一位计算机信息。在分子电子学基础上的计算机技术与现代通讯技术、网络技术相结合，为信息时代奠定了物质基础。又如，把转基因工程应用于农业可持续发展，产生“生物工程革命”，如利用“基因同位原理”把固氮的外源基因表达到农作物上，可以使农作物利用空气中的氮，从而摆脱对工业氮肥的依赖。以高新技术开发洁净能源，如氢能、风能、太阳能、核能、地热能等等。新材料如硅材料、超导材料、超晶格材料、纳米陶瓷、光电子材料、激光技术材料、高分子材料、卫星定位系统、信息高速公路、高速磁悬浮列车等，都将在日常生活、工农业生产、医药卫生中广泛应用。

因此第五次产业革命的实质也就是知识密集型产业的兴起，知识的生产、创新、传播、学习、交流和应用，成为经济增长的核心和人类最重要的活动，使人们的生产方式和生活方式都将产生根本性变化。

20世纪末出现的人口问题、人类生存问题和健康问题、粮食问题、能源问题、资源问题、生态环境保护等人类所面临的严峻问题的根本解决，都将与信息产业的生命科学、生物技术和生物工程产业密切相连。这就是人们把21世纪称为微电子和生命科学世纪的原因。

贵州现代这个人地关系地域系统，虽然是社会主义阶段，但因历史上长期处于生产力水平低下、经济不发达，且在超负荷的人口与脆弱的喀斯特生态环境下，基本上还处于土地经济社会末期向资本经济社会初期过渡、转换时期，远滞后于第五次产业革命的信息时代，处于第三次产业革命后期和第四次产业革命进程之中，正加快工业化和城市化进程。因此，存在着人地关系失衡的许多问题，诸如人口膨胀、生产力发展阶段滞后、生态环境恶化、经济文化落后、人民贫困等。这一切不仅有社会历史原因，也有自然环境方面的原因，以及发展生产力上对人地关系战略决策上的失误、发展机遇的丢失等原因。自从党的十一届三中全会后，中共贵州省委、贵州省人民政府根据省情的实际，果断地调整发展战略，贯彻了党中央的以经济建设为中心的决策，实行改革开放，推行计划生育和环境保护两大基本国策，走可持续发展道路，贵州开始较快地向人口、环境、资源和社会的和谐持续发展转变，向信息时代跃进。

人类与自然的矛盾，人是矛盾的主要方面，是人类活动引起失衡，解决失衡问题也应是人而不是自然。人地关系地域系统失衡主要表现在：经济发展与区位、资源优势错位，人口增长与环境容量失衡，资源开发利用与产业结构失谐，贫困长期失调，发展战略决策上的失误五大方面。

二、资源优势与经济发展的错位

贵州从人地关系来看,是一个区位优势、资源优势、环境生态多样性优势与社会、经济、人口喀斯特环境脆弱性劣势并存而又反差强烈的一个独特的人地耦合地域系统。

贵州在区位上,虽然属于中国西部内陆经济发展布局上的不发达地区,但是它在位置上却属于浅内陆近沿海,北邻长江沿江经济发展带,南靠近珠江三角洲和北部湾出海口的中间地带,且西连西部资源丰富的广大腹地,是中国生产力布局向平衡发展的承东启西的地区,交通上又处于连接东西部的前缘枢纽地带。贵州在资源上表现出矿产资源、能源资源、水资源、非耕地资源、旅游资源丰富,且具有开发利用上的互补性的重大优势,以及在生态环境上的多样性,水热条件较好,能综合开发进行多种经营的潜在优势,与贵州整体生产力水平低、经济基础薄弱、发展滞后、现代化支柱产业不发达、结构不合理、贫困人口多素质低、喀斯特生态环境脆弱、环境容量低、优质耕地资源少、抗拒自然灾害能力低等劣势,以其潜在的富有、现实的贫困二重性并存,从而形成区位资源优势与经济发展的严重错位。主要表现在以下方面:

第一,历史上贵州的经济支柱一直是以种植业为主的农业经济,利用的是受喀斯特脆弱性制约的劣势资源——耕地。到建国初期,贵州农业产值仍占工农业总产值的85.2%,多达95%的人口从事农业生产活动。一直到1975年,工业产值才超过农业产值,由于耕地资源劣势和生产力提高缓慢,农业经济仍然薄弱,农业产品总量小、人均占有量少,以自给为主,商品率低。到1984年,粮食商品率仅5.3%,农民自用消费94.7%,猪肉商品率仅18.8%。20世纪90年代后,由于加大了农田基本建设力度,推广适用先进技术,到2001年,农业总产值达到418.61亿元,其中农

业产值279.95亿元。农业经济脆弱难以为工业发展提供丰富的原材料和积累资金。

第二,优势资源未能适时地转化为强大的现代工业体系经济优势。建国前,贵州工业基础薄弱,全省工业产值只有2.05亿元,其中92.1%为手工业产值,工业劳动者不足3万人。建国后,贵州工业化进程较快,并选择了工业倾斜发展战略。经过5个"五年计划",特别是大规模的三线建设,形成了以军工为主的现代工业,以采掘、能源、冶金、化工为主的重工业,以烟、酒为主的轻工业和其他工业构成的工业体系。从地理分布上看,形成了以贵阳为中心,沿铁路干线展开的基本格局,建成了以六盘水、遵义、安顺、都匀、凯里等城市为中心的工业基础。毫无疑问,已建成的工业体系为贵州工业化奠定了基础,将促进贵州工业化进程。但是这种工业布局中的军工产业与省内经济关联度低,重工业又多是高耗能原材料工业,这种产业布局的倾向化使贵州产业布局在全国区位优势上错位。产业结构最优配置应以一定的投入获得最大的产出,达到资源的最优配置和有效合理利用。贵州在产业布局上,长期以生产原材料初级产品为主导,后续加工都在省外,原材料低价调出,加工产品又高价调入,这种高进低出的区域分工和贸易格局使贵州受到双重价值流失。因此,在中国东部地区已有很大发展的情况下,加快西部发展速度,国家把投入重点、政策优惠重点放在中、西部的战略转变和调整,将逐步从根本上解决西部经济发展的活力和产业布局上的地域不平衡、不合理的矛盾。

第三,经济发展与环境失谐。上述资源开发形成的二元经济结构,即一部分具有现代化因素和一定工业化程度的城市,同广大的以传统方式生产和生活的农村同时存在,共同产生两类不同性质的环境问题,即以城市为中心的环境污染、农村的生态破坏。农村也会因乡镇企业发展产生环境污染。贵州工业多始建于20世纪五六十年代,设备陈旧,生产工艺落后,工业设备中,具有20世

纪80年代水平的约占10%。从生产工艺看,地方所属行业大多数仍采用20世纪四五十年代的工艺。而且,在建设期未考虑环保措施,因而工业"三废"大量排放难以避免。

三、环境容量与人口增长失衡

近代以来人口剧增。清朝初期贵州总人口大致有65万人,到了乾隆末,由于康、雍、乾三代实施了"滋生人丁,永不加赋"和"改土归流",取消了农奴制,促进了生产力的发展,人口大增,达500万。至宣统时已达800万人,构成一个人口快速增长期,人口平均增长率已达13.61%。直到辛亥革命时期,人口也仅966.5万人(1912年),并因军阀混战,连年战争,一直到1935年人口仍仅为900余万人,而且在1928~1932年还下降到600余万左右。1937年抗日战争暴发后,由于工厂内迁与沿海人口从沦陷区大量流入贵州,从而使贵州人口迅速增加,突破1 000万大关,达到1 035万人,全省人口密度达60人/km^2,到1949年人口已达1 416万人。建国后,人口又进入一个高增长期,即由1949年的1 416万人猛增到1995年的3 508万人。

贵州人口发展的特点:①人口密度高,2001年人口密度为215人/km^2,比全国平均人口密度要多82人/km^2。而且高密度人口又分布在喀斯特面积比重高的县(市),喀斯特面积比重大于50%、50%~30%、低于30%的县(市),平均密度依次为212人/km^2、108人/km^2、182人/km^2。②自然增长率高。2001年贵州人口自然增长率为11.33/10^3,比全国平均水平高出4.38个千分点,在西部及邻省中仅低于西藏和青海。③人口文化素质低。据1995年全国1%人口抽样调查,15岁及以上人口的文盲率为29.44%,贵州比全国高13.01个百分点,也比四川、云南、广西三省分别高12.67、0.07、15.99个百分点。④贫困人口众多。1996

年贵州有650万农村贫困人口，占全国农村贫困人口的10%，1999年末还有315万贫困人口。

喀斯特生态环境的人口容量低，主要表现为土地人口承载力低。土地人口承载力是指一个区域内在一定时期、一定生产力水平下，土地资源持续利用的食物生产能力，及其所能供养的一定营养水平的人口数量。土地人口承载力的实质是农业资源承载力，其大小又取决于农业自然条件这个形成作物产量的基础。而经济技术条件的变化，只是将土地人口承载力的上限向下或向上推移，但土地的生产力，在特定的时期、特定的技术经济条件下，又不可能无限地满足人们的食物需要。所以，人口承载力分为现实承载力和潜在承载力，潜在承载力与土地生产潜力的关系最为密切。

在农业资源承载力中，最根本的是耕地资源。由于贵州喀斯特环境所制约，虽然有湿润亚热带的良好水热条件，但由于喀斯特环境这一基本因素的巨大效应，产生水、土、光、热不和谐，组合不优化，导致生态环境有脆弱性和整体功能差，环境容量低。如以环境容量最主要构成要素的土地人口承载力看，贵州只有同等气候条件下平原地区的1/2～1/3。而在典型喀斯特峰丛石山区，只有10%～5%的耕地，而且78%的耕地是中、下等低产田土。这就意味着贵州土地单位面积供养人口力低，而且可供利用的选择性小。贵州的粮食单产平均只有3 282 kg/hm^2（1995年），2001年达到3 525 kg/hm^2，只及全国平均水平的88%，而且随着人口的增长、森林砍伐、水土流失、石漠化以及建设用地占用耕地，使人均耕地不断减少（表4-1）。每年耕地的减少率达到0.4%，约76 km^2。

表4-1　　人口增长与耕地、粮食变化情况

年　份	1950年	1960年	1970年	1980年	1990年	1995年	1998年	1999年	2000年	2001年
耕地面积/km^2	17 987	20 667	19 160	19 040	18 540	18 400	18 472	18 483	18 435	18 323
人口/万人	1 417.20	1 642.99	2 180.46	2 776.67	3 236.97	3 508.00	3 658.00	3 683.83	3 732.89	3 777.12
粮食总产/万t	299.8	316.15	516.45	648.30	720.99	948.85	1 100.0	1 125.21	1 161.30	1 100.30

续表

年 份	1950年	1960年	1970年	1980年	1990年	1995年	1998年	1999年	2000年	2001年
产量/(kg/hm²)	1 665	1 530	2 700	3 390	2 730	3 297	3 510	3 585	3 690	3 525
人均粮食/kg	211.6	186.7	241.2	235.4	222.7	279.1	302.8	305.45	311.10	291.3
人均耕地/hm²	0.127	0.126	0.088	0.069	0.057	0.053	0.051	0.05	0.049 3	0.048 7

据联合国公布的环境承载力指标,世界上丘陵山地人口是24人/km²,对中国的研究还表明中低山区每增加1口人,社会就需要增加基本农田0.067 hm²,造林0.47 hm²,种草0.17 hm²,社会负担500元,才能维持生态平衡。据省内一些研究者对贵州土地现实承载力的研究,1995年温饱型人口承载力为3 237万人,超载271万人(以人均粮食300 kg,食物含热量10 032 J/d,蛋白质含量60 g/d的标准衡量)。如果按小康型人均粮食400 kg,食物含热量12 540 J/d,蛋白质含量80 g/d的标准衡量,贵州土地小康型人口承载力为2 428万人,超载1 080万人。

在一个生态环境脆弱、环境容量低、物质生产能力差的环境条件下,人口却快速猛增,达到30年就能翻一番的速度下,人地(环境)关系失衡就是难以避免的。人口增长与环境容量失衡,不仅制约经济、社会的发展,而且对生态环境产生持续而巨大的压力。例如贵州粮食的人均水平长期在250 kg上下摇摆,一些年份还在230 kg以下(图4-2)。不仅大大低于全国人均水平(376 kg/人),而且始终徘徊在低水平的温饱线上。由于粮食的低产出,为了维持生存,又不得不上山开荒,这又造成森林破坏和大面积的水土流失。据有关资料,贵州的森林覆盖率在明代大约在60%以上,在建国初期也还在30%以上,人口密度从1949年的80人/km²增至1975年的144人/km²和1984年的166人/km²,森林覆盖率也依次从30%下降到14.7%和12.6%。水土流失面积从20世纪50年代起至60年代、70年代、80年代、90年代末,相应水土流失

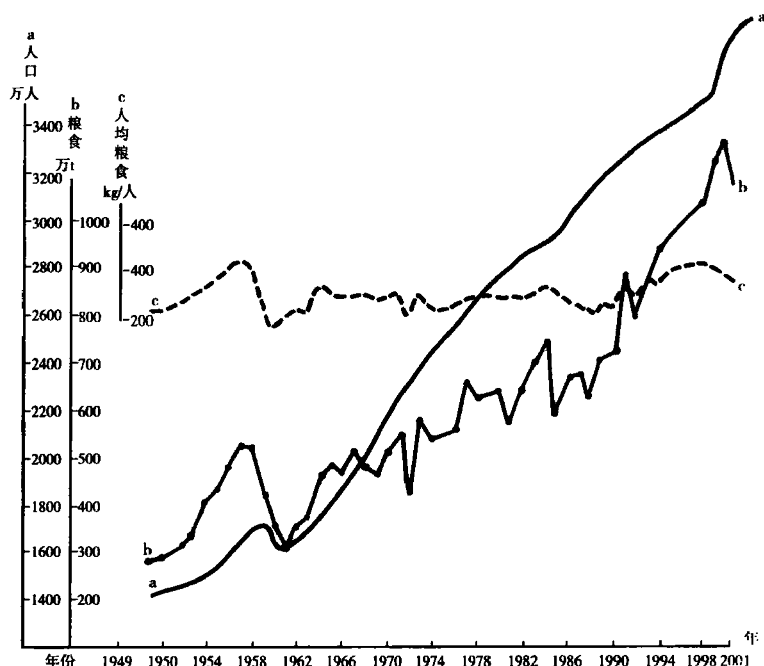


图 4-2 贵州人口、粮食增长对比关系

面积从 2.5 万 km^2 依次递增为 3.5 万 km^2、5.0 万 km^2、7.67 万 km^2、7.67 万 km^2。喀斯特地区的水土流失面积达 42 365 km^2，侵蚀模数达 3 169 t/(km^2·a)。植被破坏、水土流失的后果就是无水、无土、无林草，土地丧失生产力的石漠化出现，据统计已达 22 573 km^2，占全省总面积的 12.84%，占喀斯特区面积的 17.4%。反映了贵州低容量的脆弱生态环境的自然经济生产力与人口高速增长间的巨大反差。

四、资源开发与产业结构失调

环境资源是人类生存和经济活动的基本条件,经济活动(包括物质资料的生产、流通、分配和消费)是人类开发利用环境资源的过程,资源禀赋又是产业结构形成的基础,所以资源的利用、开发、形式、强度与社会经济结构和产业结构密切相关。产业结构既是社会生产力水平的集中反映,又是体现人地耦合系统和谐程度的状态标志。一个地区的区域发展也就是由区域经济、区域社会和区域生态环境三要素相互制约下构成的综合性地域单元的共同发展,三者协调发展,即可以使社会进步,经济繁荣,生态环境良性循环,社会发展程度不断提高,否则会造成经济停滞、衰退,社会矛盾出现,生态环境恶性循环,人口、资源、环境、发展失衡。

贵州由于在发展经济上长期按传统的发展模式,经济增长是走外延扩大再生产,高消耗资源、粗放型经营、低效益产出,污染环境的生产模式和技术工艺道路,亦即是以浪费资源和损害环境为代价谋求经济增长,表现为人对自然的“掠夺性”,因而很难使经济发展与脆弱的生态环境相协调。资源优势转化为经济优势时不仅出现时序滞后,而且产业宏、微观结构不合理,第一、二、三产业发展比例失当,农业、轻工业、重工业比重失衡,工业内部和农业内部产业结构长期失谐。

(一)第一、二、三产业发展比例失当

20世纪50年代初,贵州基本上是第一产业为主体的单一产业结构,在国民经济总产值中,第一、二、三产业的比例大致为83:12.5:4.5。随着经济的发展,经过逐步调整,到了20世纪90年代国民经济总产值由11.24亿元增加到259.78亿元之时,第一、二、三产业产值比重才达到38.5:37.5:26.5,而全国发展较快的东部

地区省(市)则为22:50:28。就是世界低收入国家,第一产业的平均水平在20世纪90年代其比重也为31%。这就是说,在经济发展上,中国东部省区已进入工业化中期,而贵州仍处于工业化初期,从产业结构上也反映了贵州经济发展的滞后。

(二)农业、轻工业、重工业比例失调

20世纪50年代初,贵州农业、轻工业、重工业在工、农业总产值中的比重为75.8:18.4:5.8,农业占绝对优势。随着经济的发展逐步调整到20世纪90年代的39.9:25.6:34.5,工业比重大幅度上升,但形成了与优势资源经济协调发展仍不相称的以重工业为主导的工业化体系。且基础产业发展滞后,基础设施薄弱,投资不足,能源、材料等初级产品的价格长期偏低,难以获得较大利益以提高自身积累能力,又进一步制约了产业结构的优化组合和均衡发展,从而形成重工业偏重、轻工业偏轻、农业太落后的"两偏一太"现象。这种工业与农业、轻工业和重工业,经济增长与能源、交通、商业等的增长长期处于失衡状态,既与贵州的区位生态环境和经济环境极不相协调,也是导致可持续发展、调整产业结构合理比较困难的内部因素。

(三)农业内部结构失衡

贵州产业结构不仅工、农业两大部门不平衡,农业内部同样也不平衡,农、林、牧、副、渔的比例与贵州的农业自然资源结构及其优势存在着巨大的反差。加之各产业劳动力资源配置的失调,带来了经济发展的滞后和低效益,还产生了严重的生态环境问题。

(1)农业土地利用结构失衡。从大农业土地利用角度看,贵州土地资源中宜耕地少,宜牧宜林地广阔。在这样的土地资源结构和质量较差条件下,贵州农业用地配置却是耕地、林地、牧地、园地的利用比例为27.81:33.87:22.27:0.25,比重极不合理,与贵州

高原山地的土地资源属性结构严重失衡,耕地比重过高,林牧地比重过低,园地比重偏小。这种土地利用失衡的结果就是水土流失严重,土壤肥力下降,耕地平均单产很低,农业内部产业结构不合理,农业综合经济效益差。因此,农业用地是否合理,不仅关系到农、林、牧、园各业产量的构成,还影响到土地、劳力、资金及其他生产资料的投放,最终决定农业的产出和土地的总体效益。

(2)农业内部产业产值结构的比例失调。贵州农、林、牧、副、渔的比重由20世纪五六十年代的70:3.7:16.9:9.0:0.4,到20世纪七八十年代逐步递变为52.1:7.4:27.5:12.6:0.4,但仍是偏重于以粮食为主的种植业的农业结构模式,林业比重过低,牧业、渔业相对薄弱,不能发挥贵州省适宜林、牧业和多种经营的自然条件和资源优势。这种资源利用过度、资源优势利用不足,不仅造成农业内部结构上的比例失调,而且不能提高农业的整体综合效益、生产效率和商品率。所以,贵州农业结构还要进一步调整,在依靠科技、依靠正确的决策,增加农业投入,在保证耕地面积和粮食稳定增产的前提下,进一步合理调整结构,优化要素组合,把农业结构调整到44:8:33:14:1的比例,使牧、林、渔、副、工(农产品加工)总产值超过种植业的总产值,才能从产业结构上利于消除贫困、经济持续发展和生态环境的不断改善。

农副产品加工业是农业产品增值的重要环节,并以乡镇企业的发展而得到快速发展。党的十一届三中全会后,乡镇企业异军突起,并在农村经济社会发展中占有重要地位。到1995年,贵州全省乡镇企业已有245 450个,分属36个行业。在轻工业中,农产品加工业产值占77.4%。重工业中,采掘和原料工业产值占43.5%。贵州乡镇企业中,从事矿产资源采掘、冶炼的企业比重高,由于投入不足、技术落后、资源回收利用率低、能耗高、污染物排放量大,对农村生态环境造成威胁,需要在扶持乡镇企业发展的前提下,对污染严重的企业采取整治措施。

五、政策性失误激化了人地耦合关系失衡的矛盾

贵州人口的膨胀、环境的恶化、经济发展滞后、与全国发展差距的拉大、人地耦合关系失衡,又因政策决策上的失误而进一步激化。

(一)人口再生产政策的失误

长期以来,对人既是生产者又是消费者缺乏正确的认识,对人是生产者估计过高,而对人是消费者估计不足。特别是人是生产者是有条件的,即必须同生产资料结合才能进行生产,创造社会财富,因此也是相对的。对人作为消费者却是条件的、绝对的,人必须消费最基本的生活资料才能生成。当人口再生产规模超过经济再生产允许范围和自然再生产允许范围及其承载能力时,过剩的人口便成为生产力发展的障碍,并导致巨大的生态灾难。

在20世纪50年代中期,中国生产力发展、粮食生产都超过了人口的增长。但是对这一阶段性的经济发展成绩估计过高,加上受原苏联人口政策的影响,错误地把马寅初的“控制人口增长数量,提高人口素质”的正确新人口理论当做“新马尔萨斯人口论”批准,导致人口失控,使全国人口多增加了4亿,贵州人口多增加了1 000万人,并造成了20世纪50~70年代(实行计划生育以前)的人口高速增长期,人口增长率平均达$25.7/10^3$,到了20世纪90年代人口总量翻了1.5倍。加之这种鼓励人口增长政策又迎合了中国经济背景和历史背景(广大农村的小农自然经济,多一个人多一份劳力,多子多福、养儿防老等思想),导致了人口膨胀、增长失控,背上了沉重的人口包袱,带来了巨大的生态环境压力、剩余劳力就业困难的压力,以及人口与经济发展失衡的诸多社会矛盾。

(二)追求经济高速增长引起国民经济严重失调

由于经济发展指导思想上急于求成,重视总产值,强调高速度,忽视经济效益,追求短期的经济繁荣,从而损害了长期经济可持续发展能力,并使国民经济发展产生巨大的波动。

高指标、高估产、高征购,导致 1959～1961 年三年"自然灾害",经济大滑坡,人口大减少,工农业总产值下降 33.1%,农业总产值下降 24.2%,粮食减少 41%,经济作物烤烟下降 56.6%,畜牧业下降 24.9%～77.8%,人口负增长达 32%,地方财政连年赤字。经济不仅没有高速增长,而且因决策怀的失误,反而使经济全面停滞、倒退。

(三)"文化大革命"运动使经济发展严重受挫

以"阶级斗争为纲"、"防修反修"为目的的"文化大革命"运动是建国以来最严重的"左"倾路线和战略决策失误,是导致政治动乱、经济发展停滞和倒退,人民生活水平大幅度下降的最重大错误,使社会主义经济发展速度和水平至少推迟 15～20 年。

1972 年贵州农业总产值仅 21.17 亿元,比上年下降 15.1%;粮食总产量仅有 428.25 万 t,下降到了 1955 年的水平。1974 年全省农业总产值比 1971 年还低 5.5%,并从 1967 年起成为粮食调入省,人均粮食降到历史最低水平,仅 222.7 kg。

"文化大革命"运动期间,基本建设损失、浪费巨大。基本建设项目不能按期建成投产,近 1/2 大中型项目平均延期 5 年以上,建设固定资产投入使用率仅为 50.1%。人民生活水平下降,全省人均消费水平仅 103.1 元,农村人均纯收入仅 95.1 元,均较"文化大革命"运动前大幅度下降。教育、科学、文化事业受到摧残,造成"文化大革命"运动后一段时期教育、科研等事业后继无人,发生人才断层,严重影响社会主义建设的发展。

六、贫困是生态环境恶性循环的陷阱

贫困是社会、经济以及自然、生态等多种因素相互交织、相互制约形成的一种社会综合现象,也是人地关系失谐负面效应的集中表现。贵州相对的区位、资源优势与经济社会发展出现了巨大的反差,社会经济发展滞后,现实成为中国最贫困的省份。

(一)中国的"贫困省"

贵州是中国西部最贫困的省(区)之一。2001 年贵州人均国内生产总值、人均农林牧渔总产值、人均地方财政收入、农村居民人均收入、城镇居民人均全部收入以及人均粮食各项指标依次为全国平均水平的 37.98%、53.73%、42.95%、59.66%、79.48%和 81.67%。主要社会经济指标在全国排序中都处于靠末位置,GDP、人均 GDP、地方财政收入和支出、固定资产投资、农民人均收入,依次居于第 26、30、24、26、30 位,就是在西部及邻省(区)中,也是处于偏后地位(表 4-2)。

表 4-2　　贵州主要经济指标与西部及邻省(区)比较表

地区	人均国内生产总值/元	人均地方财政收入/元	人均农林渔总产值/元	农村居民人均纯收入/元	城镇居民人均全部收入/元	人均粮食/kg
全国	7 543.0	611.4	2 051.3	2 366.4	6 859.6	354.7
四川	5 250.0	313.8	1 697.7	1 987.0	6 360.5	338.7
贵州	2 865.0	264.2	1 108.2	1 411.7	5 451.9	291.3
云南	4 872.0	446.2	1 108.3	1 533.7	6 797.7	346.7
广西	4 697.0	373.2	1 823.1	1 944.3	6 665.7	315.7
湖南	4 939.1	313.4	1 945.3	2 299.5	6780.6	409.4
西藏	231.9	2 007.6	1 404.0	7 869.7	373.8	
陕西	5 015.0	371.1	1 308.6	1 490.8	5 483.7	266.9

续表

地区	人均国内生产总值/元	人均地方财政收入/元	人均农林渔总产值/元	农村居民人均纯收入/元	城镇居民人均全部收入/元	人均粮食/kg
甘肃	4 173.0	271.8	1 338.3	1 508.6	5 382.9	292.5
青海	5 732.0	378.6	1 210.3	1 557.3	5 853.7	197.3
宁夏	5 338.0	490.2	1 515.1	1 823.1	5 544.2	488.1
新疆	7 898.0	506.9	2 648.2	1 710.4	6 395.0	415.8

数据来源:《贵州统计年鉴》(2002 年)。

(二)贫困是农村生态环境恶性循环的陷阱

在贵州的贫困地区,已经落入了人口高速增长-粮食紧缺-生态恶化的环圈,贫困与生态破坏互为因果。这里的贫困既有贫困地区一般共有的特征,也带有很强的地方性特点。

1.贫困特点

(1)贫困面大。贵州全省进入《国家八七扶贫攻坚计划》的贫困县共有 48 个,占总县(市)的 55.8%(图 4-3),农村贫困人口 1 000万人,占全国农村贫困人口总数的 1/8 和全省农村人口的 31.1%,其中极贫人口 392 万人,为全国农村贫困人口最集中的省份之一。从实施扶贫攻坚计划以来,在党和政府的领导下,举全社会之力,制定了一系列的措施和优惠政策,消除贫困取得了显著成绩,到 1999 年,贫困人口下降到 274 万,减少了 726 万人。

(2)贫困程度深。截至 1994 年止,全省人均纯收入不足 200 元的特困人口有 392 万,占贫困人口总数的 43.1%。贵州最贫困的麻山、瑶山地区的 48 万人中就有 30 万人处于极贫状态。而且由于贫困人口达到温饱的标准低,一遇天灾人祸又重新返贫,每年约有 15%~20%的农户脱贫后又返回贫困。1994~1995 年,全省共解决农村 200 多万贫困人口的温饱问题,其中有 30~40 万人又重新返贫。

(3)存在隐性贫困。相当部分农户,虽然从现金收入、实物收



图 4-3　贵州进入国家八七扶贫攻坚计划的 48 个贫困县

入保持了原有水平，超过贫困温饱线，但由于支出的增长(包括物价上涨和农产品价格下跌等因素)大大高于收入的增长幅度，导致实际生活水平下降，从实质上降到所规定的贫困线以下。由于这部分人口不作为贫困人口的统计对象，故未包括在贫困人口之内。据对贫困区的典型调查，隐性贫困人口可能占贫困人口的 7%～12%。隐性贫困实际上也从另一侧面反映了贵州贫困深度上的更深层内涵。

(4)贫困人口集中连片分布在喀斯特石山区、偏远山区、高寒山区和少数民族集聚地。这些地区生态环境脆弱，自然灾害频繁，水土流失严重，农业生产条件差，生产力水平低，而且大多数地区可利用的水资源匮乏，利用条件差，人畜饮水困难，并因环境恶劣、

土地承载力低，出现“一方水土养不活一方人”的丧失生存条件的地方。贵州需要进行环境移民的人口就有30万人。

(5)贫困地区虽有能源和矿产资源，但因资金缺乏、交通不便，开发难度大。工、农业总产值中农业产值高达80%以上，乡镇企业与二、三产业薄弱，发展明显滞后，缺乏增强自身造血机能来解决脱贫的能力。

(6)人口增长过快，文化教育落后，农村劳动者文盲、半文盲比例高，文盲率可高达51.2%。农村适龄儿童入学率只有50%左右，巩固率低、升学率低、职业技术学校缺乏，这就不断地产生新的既无文化又无技术、素质低下的贫困者。素质低下的贫困队伍不断产生，又加剧了贫困。

2.贫困是生态环境恶性循环的陷阱

致贫和返贫的原因固然是多方面的，可以因生态环境恶劣自然灾害频繁发生，也可以因人口膨胀、资源环境承载力降低、人均占有资源持续减少、人口自身挤压加大产生。而基础设施落后，经济发展环境差，产业结构不合理，乡镇企业发展滞后，国家投入过低，政策失误导致的返贫也是主要原因。但其主要原因还是生态环境的恶性循环和人口膨胀造成的人口恶性循环，二者可以说是互为因果又相互激励。

生态的恶性循环起因于人口膨胀的恶性循环。在贫困山区，由于人口的增长，造成粮食缺乏，导致人们毁林开荒种粮，由此又造成水土流失，地力下降，灾害加剧，生态恶化，从而导致粮食更加缺乏，生态环境恶化和自然灾害频繁发生。所以，贫困山区由于生产力水平低下，贫困农民寄希望于增加活劳动力投入(多生人口)而求得产量的提高，于是又导致人口的膨胀。由于人口的膨胀与环境资源的失衡，反过来又妨碍经济的发展，从而导致生产力更为低下。这实际上就步入了人地关系失衡的贫困陷阱。

(1)“越穷越生，越生越穷”。生态环境脆弱区农民由于贫困，

生产力水平低，生产技术落后，主要以传统的手工操作为主，扩大再生产的最现实方法就是投入更多的活力数量，“多一份力气，多一份收获”，因而希望多生孩子，而且是男孩。这样就形成了强烈的多生机制，埋下了人口爆炸的潜在危机，步入“越穷越生，越生越穷”的社会－生态恶性循环陷阱，阻碍生产力水平的提高、人民收入的增加、生活质量的改善。

(2)越穷越垦，越垦越穷。喀斯特生态环境脆弱区由于土地生产力低，产出率低，加上结构单一，又以农业特别是种植业为主，经济力量单薄，无力扩大再生产，只好走外延拓地扩大再生产的道路，并将临界宜农或不宜农的林地、草地、陡坡地变为耕地。但随之而来的就是水土流失和长期土地超负荷的运转，土地资源退化逐渐失去支撑能力。随着人口的增加、土地质量的退化，又需要更多的土地才能满足最低生存的粮食需求，这样就不得不开始新一轮的开荒。特别是在粮食生产过程中，因沿袭贫困落后山区老的无生态意识的“掠夺式”粗放经营，通过毁林、毁草，造成大面积的“轮歇地”来增加产量。这就产生了人增、耕进、林退，越穷越垦、越垦越穷的困境，导致生态环境的进一步恶化，人们更加贫困。

(3)越穷积累越少，积累越少越穷。积累是扩大再生产的源泉，是一切社会的、经济的和智力的继续发展基础，只有增加积累，才能扩大生产规模，因此它既是富裕的标志，又是实现富裕的手段和条件。在一种维持温饱都困难的状态下，是不可能有较多积累的，加上生产门路窄，地方税源少，财力差，缺乏自身扩大再生产的经济技术支撑能力和基础，又给合理开发利用资源、改善生态环境，脱贫致富带来了巨大的障碍。这样又步入了另一陷阱，即越穷积累越少、积累越少越穷的恶性循环之中。

(4)越守越穷，越穷越守。贫困山区由于地处边远，地形闭塞，交通不便，商品交换差，与外界联系少，信息不畅，形成了牢固的以“农耕为本”的守土思想观念。加上贫困农民封闭的思想意识和满

足于温饱的低水平的生活要求，又缺乏另谋生计的文化技术能力，更加巩固了这种守土思想，即使在因人口增加、生态环境恶化难以维持生存的条件下，也不愿另谋生路，进行搬迁或输出人口。这种守旧思想和守土行为导致了越守越穷、越穷越守的恶性循环怪圈。“困难困难困在家里难，出路出路走出去就有路”，出路在于：更新观念，提高人口素质，进行劳务输出；大力发展乡镇企业、第三产业，转移劳动力；丧失生存条件的地区适量搬迁部分到条件较好的地区去生活或异地开发。

3. 消除贫困——走可持续发展之路

经济发展是人类生存和进步的需要，也是保持和改善地球环境的物质保证。

邓小平同志指出：要摆脱贫困，就要找一条比较快的发展道路，贫穷不是社会主义，发展太慢也不是社会主义（《邓小平文选》第三卷第255页）。不走可持续发展道路不能根本消除贫困，而要消除贫困又只能通过区域经济较快发展才能达到。因为只有经济发展，才有足够的资金进行生态环境改善和建设。因此，在发展经济中，转变传统农业生产方式、改变农业产业结构、建立资源节约型集约化农业生产体系、依靠科技走农业持续发展道路就成为发展农业、消除贫困、繁荣农村经济的关键和必然选择。

第五章　喀斯特环境问题与现状

——生态赤字的困扰

贵州喀斯特地区由于经济社会发展与先天脆弱的喀斯特生态环境失衡，演化出了一系列生态环境问题，出现了生态赤字和生态功能退化。在治理与生态环境退化的动态平衡关系中，只有局部治理区有了改善和好转，从整体上看，生态赤字呈扩大趋势，并对贵州的生存与发展构成了现实威胁。在广大农村，因生态破坏造成的生态环境退化，逐步演变成生存危机。工业化进程中产生的环境污染，从以城市和工矿区为中心的区域逐渐向农村扩展，以致生态破坏和环境污染“并发症”成为贵州生态环境问题的基本特征。

一、森林植被不足、森林生态效应削弱

地处亚热带的贵州，虽然喀斯特分布面积广，但雨热条件良好，丘陵山地适宜多种林木生长，本是一个宜林山国，历代森林茂盛，尤其在人口数量较少的古代更是如此。据史载，贵州在明代后期还是地广人稀之地，当时人口不过 65 万，全省山清水秀。至明末，局部地区虽然已为徐霞客所描绘的那样，有“石锯齿，横锋竖镑，莫可投足”的裸露石芽地和“贵阳四面童山”的无林山丘出现，但生态环境的整体仍然未受到明显破坏，各地仍然呈现“其树极蒙密，其路极崎岖”、“大树蒙密，小水南流”、山上“树密深箐”、山下“有泉凉凉”的一种良性生态景观。直到建国初期，贵州森林覆盖

率还在30%左右。

(一)森林植被在20世纪50～80年代锐减之势明显

1.森林植被面积缩小,森林资源削减迅速

建国以后,随着生产力解放,人口剧增,耕地盲目扩大,致使森林遭到乱砍滥伐。其次,经济的发展对木材的需求量不断增加,加上农村薪柴、建房等非计划内消耗和森林火灾及森林病害严重,使贵州森林资源过度消耗,在相当长的一段时期处于采伐量大于生长量的不良状态,使贵州森林面积和森林蓄积在20世纪90年代以前,均处于不断减少的态势。1985年全省森林面积降至最低的22 198 km^2,森林覆盖率仅为12.6%(表5-1),低于全国平均水平(12.98%),更大大低于世界平均水平(32.3%)。1985年以后,由于政府加大植树造林和控制森林消耗量的制度,以及部分农村能源问题的稳步解决,森林植被面积缩小和森林资源下降的趋势才开始得到遏制。到1990年,森林资源恢复到26 028 km^2,森林覆盖率恢复到1975年的水平(14.8%),以后并继续有所增长。2001年森林面积已达54 226.7 km^2,森林覆盖率达到30.83%,森林蓄积量上升到2.1亿 m^3。但是与建国初期相比、与适宜林地面积43%相比,以及与生态需求相比,森林赤字仍然很大。

表5-1　　贵州森林资源在2002年以前的动态变化

年代	森林面积/km^2	人均/hm^2	森林蓄积/万m^3	人均/m^3	森林覆盖率/%	备　注
建国初	52 838.4	0.373			30.0	按30%覆盖率估算
1974年	25 638	0.1	15 796.3	6.40	14.5	第1次森林清查
1980年	23 092.7	0.083	15 863.9	5.71	13.1	森林连续清查
1985年	22 198	0.075	12 048.0	4.06	12.6	森林二类调查
1990年	26 028	0.08	13 778.0	4.26	14.8	第3次森林清查

续表

年代	森林面积/km^2	人均/hm^2	森林蓄积/万 m^3	人均/m^3	森林覆盖率/%	备注
1995 年	38 700	0.107	16 914.0	4.95	20.8	第 4 次森林清查
2001 年	54 286.7	0.143	21 000.0		30.83	《贵州统计年鉴》(2002 年)

2. 喀斯特地区森林资源的削减远较非喀斯特地区迅速

1974 年与 1985 年相比较，分析喀斯特地区和非喀斯特地区在 11 年间的森林资源消长动态变化，喀斯特森林面积和森林蓄积均呈削减趋势，年平均削减率分别为 2.58% 和 2.85%；而非喀斯特区森林面积在同期年平均增长 0.72%，蓄积则减少 2.63%。分析结果表明喀斯特森林在相当一段时期内遭受严重的人为活动影响而逐渐减少，绿色屏障发生衰退。

3. 森林消耗量超过生长量

贵州森林的连年生长率为 8.1%，按全省森林总蓄积 12 048 万 m^3 计，年生长量约为 975.88 万 m^3。但是长期以来，本省森林蓄积的消耗(包括用材、薪柴、火灾、病虫害等)却多达 1 346.7 万 m^3，消耗量大于生长量约 370 万 m^3。在喀斯特地区，由于生境条件严酷，林木生长缓慢，木材单位面积产量普遍较低。如喀斯特针叶林的主要类型柏木林，年生长率为 7.5%，低于连年生长率。其他喀斯特阔叶林生长更为缓慢，石质山地绝对生长量每年 0.054～0.329 cm。在这种过量采伐、超前消耗的作用下，喀斯特地区的森林步入急剧减少的恶性循环。

4. 资源的人均占有量较低

贵州全省人均占有森林资源量在 1949 年为 0.373 hm^2，以后逐年下降，到 1985 年降到人均森林面积 0.075 hm^2、森林蓄积量 4.06 m^3，到 1995 年恢复到 0.107 hm^2 和 4.95 m^3，人均占有量仍

低于1949年的水平。1999年恢复到0.113 hm^2 和5.67 m^3,人均占有量虽然略高于1985年水平,但仍然是很低的。同时,喀斯特地区森林资源人均占有量远较非喀斯特地区低。据1985年森林资源量计算,喀斯特面积比重大于50%的县(市)平均人均森林面积和蓄积为0.048 hm^2 和1.95 m^3,低于同期全省人均占有量0.075 hm^2 和4.1 m^3 的平均水平,而非喀斯特地区的平均占有量则为0.258 hm^2 和17.2 m^3,大大超过典型喀斯特区,分别为后者的5.37倍和8.8倍。喀斯特地区森林资源的相对贫乏,无疑是喀斯特生态环境良性循环和喀斯特地区社会经济发展的重要制约因素。

(二)生态效应削弱

森林是陆地自然生态系统平衡的重要组成部分,由于森林植被分布不均,森林生态系统结构不尽合理,削弱了森林植被的生态效应。

1.森林分布不均

贵州森林资源分布不均的现象在各地都有,就全省而言,森林面积的32.8%、蓄积量的42.6%分布在黔东南,而贵阳、安顺、六盘水三地(市),森林面积只占全省的6.6%(图5-1)。从地质环境上看,喀斯特地区森林资源分布分散,而变质岩和砂页岩地区则相对集中。据2000年的资料,喀斯特面积比重大于50%的县(市)的森林面积共20 498.03 km^2,森林覆盖率为14.84%,低于全省平均17.88%的水平。喀斯特面积比重为30%~50%的县(市),森林面积2 768.18 km^2,森林覆盖率为21.28%。喀斯特面积比重小于30%的县(市)有森林面积7 430.059 km^2,森林覆盖率为29.46%。

2.喀斯特区内森林资源的分布也极不均匀

在约占贵州全省面积73%的喀斯特地区内,按2000年森林

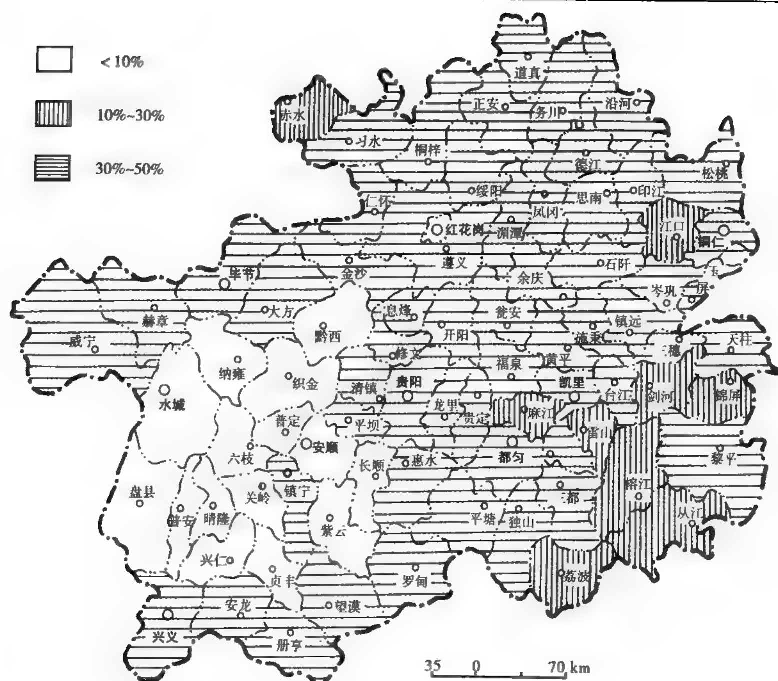


图 5-1　贵州省 1986 年各县(市)林灌覆盖率分布图

(据贵州省林业厅资料编绘)

资料分析,有的县(市)森林覆盖率高达 20% ~ 35%,如荔波(24.86%)、铜仁(28.45%)、开阳(29.5%)、麻江(30.5%),有的县(市)森林覆盖率则不足 6%,如晴隆(5.6%)、兴仁(5.3%)、盘县(5.34%)、普安(5.7%)、福泉(5.6%)。就全省喀斯特范围看,西部、西北部的毕节、六盘水一带是全省喀斯特地区森林资源最贫乏的地区,主要县(市)有水城、六枝、纳雍、盘县、普安、织金、黔西、大方、普定、关岭、紫云等。东北部铜仁的江口、松桃、岑巩、铜仁和东南部的麻江、丹寨、都匀、荔波等则是森林资源分布较多的地区。森林资源分布不均的现状,极大地限制了森林生态效应的发挥,尤其是在缺少森林的喀斯特地区,森林涵养水源、保持水土、调节气

候等生态效应受到严重削弱，这对喀斯特生态环境的保护和改善是十分不利的。

3. 森林以用材林为主，防护林严重不足

喀斯特地区的森林植被按林材统计，仍以用材林为主，防护林与用材林的面积比为 1∶14.6，蓄积量之比则为 1∶8.5。部分地区这种比差更大，如六盘水防护林与用材林的面积比为 1∶122，蓄积比为 1∶260。部分县(市)的比差甚至高达数千倍。林种比例严重失调(表 5-2)，防护林严重不足的现状，表明森林植被对喀斯特生态环境的防护效应将受到极大限制，喀斯特生态环境中诸如石漠化、水土流失等环境问题将不能有效控制，喀斯特生态环境将会进一步恶化。

表 5-2　贵州部分喀斯特县(市)用材林与防护林的面积、蓄积比

县(市)名	用材林面积/km^2	防护林面积/km^2	用材林与防护林面积比	用材林蓄积/万 m^3	防护林蓄积/万 m^3	用材林与防护林蓄积比
务川	286.13	30.07	8∶1	137.47	25.31	5∶1
正安	131.93	8.33	13∶1	51.75	0.94	55∶1
道真	137.47	51.4	3∶1	29.62	16.93	2∶1
清镇	69.93	0.52	134∶1	21.60	0.295 7	73∶1
修文	77	0.059	1 312∶1	23.76	0.017 4	1 365∶1
开阳	454	0	68∶1	150.39	0	150∶1
普定	19.07	1.64	12∶1	6.01	0.351 5	17∶1
织金	31.53	0	5∶1	11.09	0	11∶1
关岭	36.6	3.82	10∶1	22.69	0.363 5	62∶1
福泉	84.53	0.15	551∶1	24.21	0.012 4	1 952∶1
龙里	186.73	2.81	67∶1	79.22	1.069 1	74∶1
麻江	224.93	1.18	190∶1	61.54	0.011 6	5 305∶1

4.森林的林相稀疏,幼龄林比重高

贵州森林的林相稀疏,林木株少。林木结构中,幼龄林比重高,1985年占53.8%,而近成熟林和成熟林只占11.2%。随着森林资源的扩大,幼龄林比重也随之升高,1999年幼龄林恢复到20 685 km^2,占60.09%,近成熟和成熟林只有3 329 km^2,占9.7%。林分质量不高,生态效应相应削弱。

二、水土流失与石漠化加快、耕地资源减少

水土流失是指在水力、风化和重力等外营力作用下,使陆地表层土壤和土壤母质等发生破坏、分散、搬运和沉积的过程。在自然因素和人为因素作用下,特别是人为因素中的不合理的资源开发和生产建设活动,如林草植被破坏、陡坡开荒、不合理的农业耕作、人口增长、开发建设活动不注意水土保护,从而导致发生严重的水土流失。

中国是世界上水土流失最严重的国家之一。据1990年调查统计,全国水土流失面积367万km^2,占国土面积的38.2%,其中水力侵蚀面积179万km^2,占水土流失面积的48.8%。贵州是以水力侵蚀为特征的省份,截至1999年贵州水土流失面积为7.67万km^2,水土流失面积占全省土地面积的43.5%,比全国水土流失比重高5.3个百分点,是中国水土流失严重的省区之一。

(一)水土流失现状

1.水土流失面积迅速扩大

据贵州省水利厅统计资料,全省水土流失面积在20世纪50年代初为2.5万km^2,占全省土地总面积的14.2%;20世纪60年代为3.5万km^2,占总面积的19.9%;20世纪80年代为5万km^2,占总面积的28.4%。1987年利用陆地卫星遥感技术调查,

全省水土流失总面积达 7.67 万 km^2，占全省总面积的 43.5%，比 20 世纪 50 年代扩大了 2.1 倍。由于 20 世纪 80 年代中期起加大了水土流失治理力度，据 1999 年进行的第 2 次遥感调查资料，全省明显水土流失面积降至 7.33 万 km^2，全省水土流失面积占国土面积的 41.6%，下降了 2.9%。20 世纪 80 年代中期以来共治理水土流失面积 1.55 万 km^2，仍然不及 80 年代水土流失的增加量。

水土流失分布总的趋势是西北部严重于东南部。从流域水系看，牛栏江流域、乌江流域、北盘江中上游最严重；赤水河流域、南盘江上游、乌江下游次之。长江流域水土流失面积约 5 万 km^2，占全省水土流失面积的 65%。其中，乌江流域贵州境内流失面积 4.53 万 km^2，流失面积比重达 52.3%。珠江流域的水土流失面积约 2.7 万 km^2，占全省水土流失面积的 35%，其中南盘江、北盘江流域贵州段的水土流失面积达 1.14 万 km^2，占贵州境内流域面积的 51.14%。从行政区划单位看(表 5-3)，毕节、六盘水的水土流失最为严重，水土流失面积占地(市)面积的 55% 以上。若以县(市)为单位，则包括威宁、赫章、毕节、大方、纳雍、织金、水城、盘县、思南、印江、清江、沿河、务川、道真、正安、习水等 16 个县(市、特区)。

表 5-3　　贵州土壤侵蚀分地区面积统计表

地川	喀斯特面积比	土地总面积/km^2	侵蚀面积/km^2	百分比/%	其中/km^2							
					轻度侵蚀	%	中度侵蚀	%	强度侵蚀	%	极强侵蚀	%
贵阳	85.0	2 405.98	895.5	37.2	694.2	28.9	101.9	4.2	99.3	4.1		
毕节	73.3	26 846.0	16 830.2	62.7	7 774.9	29.0	3 901.0	14.5	3 924.5	14.6	1 230.7	4.60
六盘水	63.2	9 914.0	5 521.5	55.7	1 883.2	19.0	2 089.1	21.1	1 183.2	11.9	367.2	3.7
遵义	65.8	30 753.0	15 432.0	50.2	6 224.0	20.2	4 454.6	14.5	4 311.4	14.0	444	1.4
安顺	71.5	14 891.0	5 312.7	35.7	3 040.5	20.4	1 627.5	10.9	619.9	4.1	24.8	0.2
黔南	81.5	26 197.0	7 843.4	29.9	6 179.9	23.6	1 161.7	4.4	501.2	1.9		
黔东南	23.2	30 302.0	9 468.8	31.2	6 849.0	21.9	1 945.8	6.4	843.3	2.8	30.2	0.1
黔西南	60.3	16 796.0	5 617.4	33.4	3 047.8	18.1	2 323.9	13.8	245.7	1.5		
铜仁	60.6	18 023.0	9 760.0	54.1	2 424.8	13.4	3 076.0	17.1	3 243.0	17.9	1 025.9	5.7
全省	61.9	176 128.0	76 682.4	43.54	37 917.1	21.53	20 681.1	11.74	14 962.6	8.50	3 122.4	1.77

2. 土壤侵蚀严重

贵州全省土壤侵蚀总量为 27 075 万 t,平均土壤侵蚀模数为 3 530 t/(km^2·a)。进入河流的悬移质输沙量为 6 625 万 t,平均输沙模数(可视为侵蚀模数)376 t/(km^2·a)。其中,长江流域 4 561 万 t,占全省总量的 68.8%;珠江流域 2 046 万 t,占 31.2%。反映出全省各主要河流的固体径流较大。喀斯特地区的乌江流域,其输沙模数已超过全省平均输沙模数,达 391 t/(km^2·a),由南盘江、北盘江汇合而成的红水河也达 334 t/(km^2·a),反映出喀斯特地区水土流失的严重性。据一些研究者研究,南盘江、北盘江贵州境内的土壤侵蚀模数高达 4 971.6 t/(km^2·a),年泥沙流失量达 7 135.6 万 t。乌江贵州境内平均土壤侵蚀模数达 4 122 t/(km^2·a),年泥沙流失量为 1.4 亿 t,其中 1.1 亿 t 直接进入三峡水库区,3 000 万 t 泥沙通过河流外泄,造成河床抬高,库、塘淤积(据贵州省林业生态工程技术研究所资料)。

土壤侵蚀强度按照水电部的统一标准所划分的 6 个侵蚀强度级别中,贵州除剧烈侵蚀没有分布外,其余 5 个级别均有不同程度存在。根据 1999 年卫星影像解释,全省 176 167 km^2 土地中,侵蚀面积占 41.62%。其中,轻度侵蚀以面蚀为主,占 41.62%,但以碳酸盐岩丘陵区(喀斯特丘陵区)和轻变质岩低山丘陵区(非喀斯特区)分布较少;中度侵蚀占 12.72%,主要是面蚀,有少量沟蚀,全省各地均有分布,但以石质山地和丘陵地为多;强度侵蚀占 4.57%,以面蚀和沟蚀为主,局部有重力侵蚀,主要分布在石灰岩、砂页岩分布较广、坡度较大、开垦较多的山地丘陵地区,即乌江流域上游和下游、赤水河流域和锦江流域;极强度侵蚀仅占 0.79%,以沟蚀和崩塌为主,主要分布在砂页岩地区,即乌江上游和下游的山地峡谷区。

从土壤侵蚀面积占行政区总面积的比重来考察,土壤侵蚀面积大于 60%的"重度侵蚀县"有纳雍、沿河、印江、威宁、毕节、大

方、罗甸等8县(市),均为喀斯特县(市),主要分布于黔西北,其次是黔东北。土壤侵蚀面积在50%～60%的“次重度侵蚀县”有玉屏、正安、盘县、水城、思南、习水、务川、德江、铜仁等9县(市),也均为喀斯特县(市),主要分布在贵州西部、北部和东北部。侵蚀面积在40%～50%的“中度侵蚀县”有普定、镇宁、关岭、都匀、福泉、贵定、金沙、仁怀、桐梓、麻江、黄平、万山、松桃、石阡、普安、兴仁、贞丰、望谟等19个县(市),主要分布于贵州中部丘陵山地高原地区。侵蚀面积在30%～40%的“较轻度侵蚀县”有息烽、开阳、清镇、平坝、紫云、龙里、三都、平塘、黔西、绥阳、湄潭、余庆、凤冈、台江、镇远、岑巩、兴义、兴仁等19个县(市)。侵蚀面积小于30%的“轻度侵蚀县”全省共有19个,其中喀斯特县(市)有贵阳(原行政区划)、修文、安顺、长顺、荔波、独山、惠水、施秉、安龙、册亨、江口等11个。上述各类侵蚀中,以强度侵蚀和极强度侵蚀对生态环境的影响最大,尤其在喀斯特地区是造成石质荒漠化的主要原因。因此,贵州强度侵蚀和极强度侵蚀分布区,基本上是喀斯特石质荒漠化土地分布最集中的地区。

据研究表明,贵州水土流失量的80%来自于旱坡耕地,旱坡耕地是贵州水土流失的最主要来源地(朱安国、安和平,1995)。定量研究表明,森林植被增加使坡耕地减少1个百分点时,水土流失量减少4.8个百分点。因此,对大于25°的陡坡耕地退耕还林、对10°～25°特别是15°～25°的坡耕地进行坡地梯化,是治理贵州水土流失必须采取的措施。

3.水土流失造成的严重恶果

严重的水土流失给贵州生态环境带来严重不良影响:

一是土地表土大量流失,土层减薄,肥力下降。按全省每年流入长江、珠江的泥沙总量超过6 625万t计,相当于超过266.7 km^2土地的耕作层,按中等偏低肥力水平计算,每年要流失氮12万t、磷5万t、钾30万t、有机质75万t,从而使本省土地生产力下降,

土地严重退化，加剧人地矛盾。

二是造成水库、河道淤积。水土流失造成的泥沙大大缩短了水利工程的使用寿命，特别是对一些山塘、小水库危害尤为严重。例如，贞丰管路水库，蓄水库容为 50 万 m^3，建成 12 年后就淤积报废。威宁女儿水库，库容 73 万 m^3，仅运行 10 年就淤积报废。不少大中型水库也因淤积泥沙而效益降低，灌溉面积逐年减少。此外，水土流失还造成河道阻塞，河床抬高，从而降低了行洪能力，危及下游防洪安全，同时也对航运造成不利影响。

三是造成水打砂壅，毁坏农田、房舍，造成人畜伤亡。每年降雨集中的汛期，大雨往往加速水土流失，表现为砂、石与水、土混杂俱下，形成强大的山洪泥石流，其破坏性巨大，以致引发边坡不稳或边坡崩塌，不但对山下坝区的良田好土造成壅埋，同时还会对人畜及工程设施带来伤亡和危害，造成巨大的经济损失。

（二）石漠化速度加快

贵州的石质荒漠化（以下简称石漠化）是石质山地水土剧烈流失的结果，主要是指在喀斯特环境的自然背景下，受人为活动的干扰破坏，造成土壤严重侵蚀，基岩大面积裸露，土地退化，生产力下降的裸岩石砾地和石旮旯地。产生石漠化的主要原因：一是喀斯特环境脆弱性为石漠化提供了自然基础，二是毁林、毁草、开荒种地以及其他生产建设活动。虽然石漠化在自然演变地质过程中也会发生，但那是局部的极小范围，而目前产生的大规模石漠化扩展则是人为活动引起的。

1. 石漠化速度加快

据《贵州生态环境建设规划》中的数据，全省荒漠化面积已从 1975 年的 8 806.6 km^2，发展到 1985 年的 13 888 km^2，到 1995 年已达 22 570 km^2，占国土面积的 12.8%。20 年间平均每年增加 668.17 km^2，依次扩大了 1.57 倍和 2.56 倍。

据贵州省林业厅有关资料，在22 570 km² 石漠化面积中，岩石裸露率在70%以上，已呈现出石漠化景观的石山7 410 km²；岩石裸露率在30%～70%的石漠化山地4 670 km²；石漠化耕地（石旮旯地）和35°以上已经石漠化的旱土3 334 km²；工矿型石漠化土地和短期有潜在石漠化趋势的25°～35°旱土5 810 km²，其中工矿开发导致的荒漠化面积1 290 km²。

根据1999年遥感解译结果分析（熊康宁、黎平等，2002），贵州喀斯特石漠化程度相当严重，已达到令人触目惊心的地步。在全省176 167 km² 的国土面积上，中度以上石漠化面积13 187 km²，占到7.49%，标志着石漠化的程度已经相当高；轻度以上石漠化面积35 920 km²，占到全省的20.39%，昭示石漠化的面积已经相当大。如再加上具有潜在石漠化的土地，面积可以达到45.20%，意味着石漠化的危险性非常高。

贵州一些县的石漠化以惊人的速度扩大。根据赫章、清镇等县（市）的历史资料，近数十年来，由于砍伐森林、扩大耕地、植被退化、土壤严重侵蚀的结果，石漠化土地的面积已大大增加。如赫章从1957年以后，扩大耕地553 km²，土壤侵蚀模数高达524 t/(km²·a)，水土流失面积达1 865万 km²，占全县土地总面积的57.6%，石漠化土地由1957年的207.6 km² 增加至1978年的289.7 km²，平均每年增加3.4 km²。土地严重的石漠化将极大地制约社会经济的发展和人民生活水平的提高，也将严重地影响脱贫攻坚目标和21世纪宏伟目标的实现。因此，贵州石漠化问题应引起社会各方面的高度重视。

2. 石质荒漠化过程及危害

1）石漠化过程

土地石漠化是在诸多自然因素和社会因素共同作用下发生、形成的，而作用的主要形式是以水的侵蚀作用为主，脆弱的喀斯特生态环境和不良的人为活动，则为整个石漠化过程提供了条件和

加速了这一过程。从生态环境演替规律的角度分析,石漠化过程实际上是生境逆向演替过程,包含土地环境、植被环境和水环境的退化,即由具较厚层土壤较高生产力的土地、良好植被覆盖的土地,退化成缺少植被覆盖、水土资源流失、基岩大面积裸露、土地生产力和生物生产力下降的石漠土地(图 5-2)。

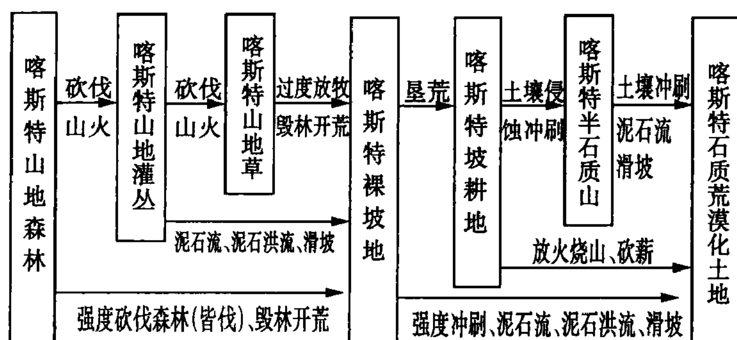


图 5-2 喀斯特石漠化过程模式

2)石漠化使喀斯特生境丧失人类生存的基本条件

石漠化土地这一极度退化的土地由于严重缺少水、土资源,人们已无法进行连片耕作,为了获取口粮不得不在石旮旯地中栽上一株株玉米,人们戏称为"盆景庄稼"。在恶劣的生境条件下,玉米秆一般都在 1 m 左右,每株仅结 1 个几厘米长的玉米棒子,产量之低可见一斑,真是"种一坡收一箩"。而且这种石山地的垦殖又加速了土壤的流失和石漠化过程,只要连续耕种 2~3 年,石旮旯土就会被冲刷殆尽,人们又得去开垦新的石旮旯地,形成"石头越种越多"的恶性循环。土之不存,人将焉附? 群众也就陷入极度贫困之中。

3)石漠化土地的分布

石漠化土地分布十分广泛。在广大喀斯特地区,由于喀斯特过程造成生态环境中水土资源贫乏、生境干旱、植被覆盖和结构发

育较差等特点，使土地的抗蚀年限较短，仅有的瘠薄土层极易遭受冲刷而流失，最终演变为石漠化土地。因此，石漠化土地的分布往往与强烈水土侵蚀区的分布是一致的，而且多集中在北盘江、红水河、乌江中上游深切河谷的两岸地带的喀斯特峰丛洼地区。从行政区域来看，在全省各地、州、市中，以黔南、六盘水、安顺和毕节分布较多，而上述各地又都是喀斯特极其发育的地区(表5-4)。

表5-4　贵州石漠化土地的地区分布(20世纪90年代中期)

地、州、市	土地总面积/km^2	石漠化土地面积/km^2	石漠化土地占土地总面积的比例/%
黔　南	26 197	2 779	10.16
六盘水	9 914	2 575	25.97
安　顺	14 891	2 269	15.24
毕　节	26 846	2 139	7.97
黔西南	16 796	1 447	8.62
铜　仁	18 023	76.67	7.82
遵　义	30 753	1 001	3.25
贵　阳	2 406	149	6.19
黔东南	30 302	119	0.39
全省合计	176 128	13 886	7.88

以县(市)为单位统计分析，在全省所有的县(市)中，石漠化土地面积占土地总面积20%以上的共有8个县(特区)，即盘县、水城、平坝、普定、紫云、兴仁、惠水、罗甸，以及安顺，县(市)总数占全省县(市)总数的10.98%。其中，石漠化土地面积所占比重最大的是水城，高达30.53%。此外，石漠化土地所占比重在5%以上的县(市)数占全省县(市)总数的1/2(图5-3，表5-5)。可见石漠化土地在本省分布的普遍。

表 5-5　贵州石漠化土地面积比重分级统计

石漠化土地 占总面积比例/%	县(市)数	占全省县(市) 总数/%
>20	9	10.98
15~19.9	4	4.88
10~14.9	12	14.63
5~9.9	16	19.51
0~4.9	41	50.00

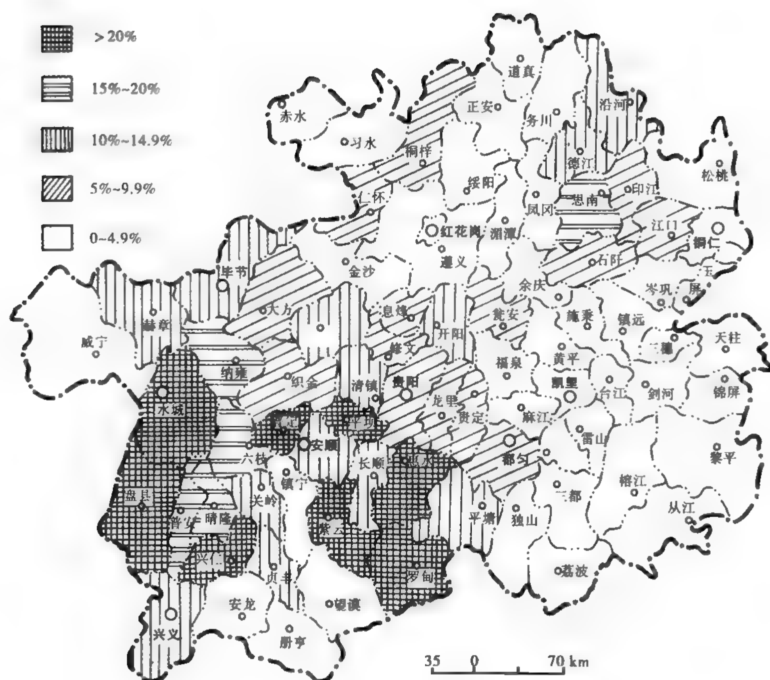


图 5-3　贵州石漠化土地比重分布图

（三）耕地资源呈减少趋势

随着经济发展和人口增长，建设用地以及城乡住宅用地逐年增加对耕地的占用，加之贵州宜耕地资源少，且后备资源不足，新垦耕地和复垦耕地难以补偿占用耕地数量，造成耕地资源呈减少趋势。

据统计资料，1960～1995年期间，耕地资源总量呈减少趋势，35年间耕地面积从20 666.7 km^2减至18 400 km^2，平均每年减少64.7 km^2，年递减率2.85%，其中1960～1970年、1970～1980年、1980～1990年、1990～1995年各时段的年递减率依次为7.39%、0.48%、2.42%和0.68%。1986年，全省建设占地达1 234 km^2，同期新垦耕地710 km^2，耕地净减少299.7 km^2。1995～1998年期间，由于农田基本建设力度加大，大规模实施坡改梯工程，耕地总面积从18 400 km^2上升到18 472 km^2，增加72 km^2。如果以人均耕地面积进行分析，全省人均耕地一直呈减少之势，1986年人均耕地面积为0.063 hm^2，1995年人均耕地面积为0.053 hm^2，十年间人均耕地减少4.84%。这一人均占有耕地的水平不仅低于全国人均耕地的水平，更远低于世界人均耕地0.31 hm^2的水平。人与耕地的矛盾越来越尖锐。

从喀斯特与非喀斯特地区来看，耕地减少主要出现在喀斯特地区。据《贵州县情》资料统计，在1970～1990年间，喀斯特面积比重大于50%的县（市）共减少耕地735.53 km^2，平均每年减少36.8 km^2。喀斯特面积比重在50%～30%的县（市）还增加耕地面积67.13 km^2，面积比重小于30%的县（市）共增加耕地面积1.73 km^2。这是由于后者多处于边远地区，经济建设相对滞后所致。值得注意的是，被占用耕地多为坝子中的良田好土，而垦殖补偿的耕地多是坡耕地，由于新开垦耕地的质量以及生产条件远不如坝地，虽然采取“占一还一”的补偿对策，但是“占一还一”是“一

不等一”的。

三、自然灾害频繁、受灾面积扩大

在日益频繁的人类活动的影响下，全球气候发生了明显变化，全球气候变暖，天气形势异常多变，加上生态环境恶化，抵御自然灾害的能力降低，各种自然灾害发生的频度加快，成灾面积不断扩大，尤其是旱灾和洪涝灾害表现尤为突出。据《贵州省自然灾害年表》资料分析，全省的旱灾、水灾、风雹灾、霜冻、病虫等自然灾害，由20世纪60年代总受灾面积的61 667 km^2 扩大到70年代的63 200 km^2和80年代的154 133 km^2，80年代为60年代的2.5倍，成灾面积由20世纪60年代的39 200 km^2 扩大到70年代的43 667 km^2 和80年代的97 800 km^2，80年代为60年代的2.5倍。经济折款损失，也由20世纪60年代的11.75亿元上升到80年代的87.48亿元，粮食减产扩大了3.3倍。此外，在一些生产建设和自然因素的共同作用下引起的地质灾害也频繁发生，日益频繁的洪涝灾害和地质灾害进一步加剧了喀斯特生态环境的恶化效应，给贵州农业生产和人民生命财产造成巨大损失，成为影响贵州社会经济发展和人民生活水平提高的重大环境问题之一。

（一）频度加快、灾情加重的旱灾和洪涝灾害

1.旱灾

旱灾是贵州最主要的自然灾害，这种气象灾害受生态环境恶化的影响而有加剧之势，成灾面积日益扩大。据对建国前全省旱灾资料的分析统计，在近100年内，基本上呈现出“三年一小旱，十年一大旱”的规律。但在建国初期至20世纪60年代，旱灾的频度则是三五年出现1次大、中旱年份；20世纪70年代，10年内有6年为大、中旱；20世纪80年代中后期，6年内有5年为大、中旱年

份;进入20世纪90年代以来,则是年年都有旱灾,而且春旱连夏旱,中旱连大旱,其频度明显加快。

从灾情演变趋势来看,受灾面积约从1960年的29 133 km^2扩大到20世纪80年代的73 333 km^2,增长了2.5倍。虽然在这时期建设了较多的水利设施,但成灾面积还是从1960年的19 467 km^2扩大到20世纪80年代的50 800 km^2,扩大了2.6倍。根据气象资料分析,1987年3～5月,全省降雨持续偏少,雨量比常年少3～6成,雨季推迟1月之久,致使全省到5月底还有1/2稻田因缺水而无法翻犁,干旱严重的西部,直到7月上旬仍在插秧,全省近80个县持续干旱长达25天以上,其中有39个县超过60天,是贵州建国以来特大的春旱年。接着在当年又发生伏旱,从1987年秋末到1988年6月底,在长达7～8个月的时间内,全省几乎未下过雨,甚至在芒种前急需种田用水的关键时刻,也几乎滴雨未下。1988年6月以后又接着是伏旱,从而使1988年的干旱一直延续到8月。1989年全省又出现中等程度的伏旱。1990年伏旱也十分严重,8月中旬一直少雨,有45个县连续干旱达45天之久,尤其是在北部的遵义,其干旱之长、雨量之少、高温天气之多,算得上是建国以来的特大伏、秋旱年,从而造成秋粮大幅度减产。1987～1990年粮食共减产496万t,使贵州粮食紧缺的状况再次出现。

不同生态环境状况对旱灾的反应是不同的。一般来说,贵州的喀斯特区生态环境比非喀斯特区差,因而前者灾情较重,后者较轻。以20世纪80年代为例,喀斯特面积比重大于50%的县(市),受灾强度平均为4.8 $hm^2/(km^2\cdot a)$,成灾3.4 $hm^2/(km^2\cdot a)$,成灾率为70.50%(成灾与受灾面积之比)。而喀斯特面积比重小于50%的县(市)受灾强度平均为1.87 $hm^2/(km^2\cdot a)$,成灾1.07 $hm^2/(km^2\cdot a)$,成灾率为57.94%。喀斯特区受灾强度和成灾强度分别为非喀斯特区的2.75倍和3.2倍(邓自民,1995年)。从这

里也反映出喀斯特生态环境的脆弱。

2.洪涝灾害损失日趋严重

起因于暴雨发生的洪涝灾害，其分布遍及全省，在出现时段上，相对集中于6～8月。由于地势、地貌等自然条件复杂，形成了暴雨洪灾的多样性和分布的局域性。例如，山洪遍及全省，并伴随泥石流、滑坡等地质灾害；喀斯特洼地、盆地是涝灾最突出的地区；洪灾严重的是山区河流两岸。受降水周期的约束，洪灾也具有周期性，周期基本上为10～15年。例如20世纪80年代为低发期，90年代就进入频发期。贵州的洪涝灾害大致分为三种类型：①山洪灾害。暴雨山洪在全省都有分布，并且破坏性大，发生的时间、地点都很难预测。②河道型洪水灾害。多发生于河流上游区，那里台地、盆地集中分布，工农业发达，洪水灾害造成的损失和社会影响大。河流中、下游峡谷区往往有洪无灾。③喀斯特洼地涝灾。这是喀斯特地区特有的一种灾害类型，发生于喀斯特盆地和洼地。

1)洪涝灾害损失日趋严重

洪涝灾害的成因无外乎自然因素和社会因素，前者决定洪水特征，而后者决定灾情特征。例如，生态破坏加剧了山洪型灾害，而经济建设中挤占行洪水道和防洪标准低，亦是洪灾损失增大的原因之一。

洪涝灾情演变的趋势日益严重。据有关资料，贵州在1368～1840年间的472年中，有记载的洪水有143年214次，典型的有1533年的思南大水和1745年的贵阳洪灾。1840～1949年的110年间，共发生436次洪灾，典型的有1878年的遵义洪灾和1924年的镇远洪灾。1950～1991年的42年中，据统计，平均每年农田受灾1 578.87 km^2，成灾978.73 km^2 倒塌房屋8 931间，死亡365人，经济损失共计60亿元，占同期各种自然灾害的37.5%，仅次于旱灾之后。1991～1996年，全省进入多水期，相继发生了1991年、1993年、1995年、1996年大范围和部分流域的特大洪水。

从经济损失来看,贵州全省 1950～1991 年间的变化趋势是:20 世纪 50 年代洪灾平均每年损失 0.345 亿元,60 年代上升到 0.51 亿元,80 年代上升到 1.6 亿元,90 年代头 5 年已达 20 亿元,1996 年达 123 亿元(肖利声,1997)。

1996 年 7 月,在贵州发生了大范围的洪灾。贵阳地区降了 149～207 mm 的特大暴雨,南明河最高洪水水位达到 1 052.49 cm,流量达到 878 m^3/s,超过南明河危急水位 2.83 m,比 1954 年出现的最高水位高出 2.22 m,流量多 268 m3/s,成为建国以来贵阳地区最大的洪灾。同期,在全省大范围内,持续下大雨暴雨,暴雨强度大,持续时间长,加之生态环境中森林植被的破坏和减少,涵蓄地表径流的能力削弱,致使洪水来势凶猛,城镇进水严重,贵阳市区大部分主要街道被淹,市中心大十字积水深达 1.3 m,凯里部分市区也被水淹没,此外全省还有十多个县城被淹。据贵州省人民政府有关部门统计,这次大范围的洪灾全省共有 59 个县(市、特区)、633 个乡镇、8 203 个村遭受洪灾,其中 41 个县(市)为重灾区,受灾人口达 537.8 万,成灾人口 310.35 万,死亡 136 人,重伤 1 377 人,被洪水围困 10.91 万人,因灾无家可归者 12 759 人;农作物受灾面积达 3 563 km^2,绝收 492 km^2;倒塌民房 17 270 间,毁坏 75 636 间;水毁耕地 101 km^2,毁坏渠坝 19.1 万 m,损坏小型水电站 22 座;水毁公路 42.7 km,造成交通中断国道 5 条 20 处、省道 30 条 50 处、县乡公路 80 条;近 200 家企业损失严重,绝大部分企业停工停产;50 多所学校和近 10 家医院被淹,大批商店、机关进水,直接经济损失达 26.29 亿元,间接损失无法估算。

2)喀斯特洪涝加剧了灾情

贵州是喀斯特广泛发育的地区,喀斯特盆地、洼地到处分布,由于其负地形的形态特征和封闭性,一遇暴雨,地表水汇集或地下水位升高,流入盆地、洼地的伏流河段或落水洞一时消水不及造成洪涝,水位涨幅可在 10 m 以上,积水时间可达 0.5～3 个月。

喀斯特涝灾对贵州洪涝灾害的贡献是比较明显的。以贵州1980年的水灾为例,喀斯特面积比重大于50%的县(市),受灾强度、成灾强度分别为每年平均每平方千米0.14 hm^2 和0.08 hm^2,成灾率为60.34%。而喀斯特面积比重小于50%的县市,受灾强度、成灾强度分别为每年平均每平方千米0.036 hm^2 和0.02 hm^2,成灾率50.94%。喀斯特区的受灾强度为非喀斯特区的3.9倍,成灾率高9.4个百分点(邓自民,1995年)。喀斯特洪涝可分为三种类型:

(1)大型喀斯特盆地洪涝。喀斯特地区串珠状分布的大型盆地,河流明暗相间。暴雨强度较大时,受地下伏流排水能力限制而积水成灾,灾情往往较严重。如1991年安顺油菜河南山、羊场片区的串珠盆地积水15 m,持续37天,造成铁路停运、工厂停工、农田绝收,损失惨重。桐梓葫芦坝盆地也多次发生涝灾。

(2)分散型涝海子和旱涝海子。封闭洼地内因无明显的集中排水地下通道,且地下水位变幅大,雨季来临,视其来水量与排水量之间的关系,形成两种涝灾:

一种是冬季干枯或有少量水体,夏季水位上升积水成湖的海涝子。据兴义的调查资料,全县2 hm^2 以上能种小季作物(小麦或油菜等)的海涝子共有121个,常被淹没成涝的面积共约15.3 km^2。其中冈玻坝子就是一个在雨季常因排水不畅而成涝的典型涝坝子,曾在1977年6月的一次连续性大雨和暴雨下,排水不及,造成淹没农田206.7 hm^2,国家粮库被淹,粮食损失超过150 t。

另一种是遇雨易涝、遇晴易旱的喀斯特盆地(坝子)。它们多分布在地下水径流区域,其地下水动态变化较大,地表水体小甚至没有,若遇到暴雨或连续大雨,地表山洪汇集于坝子中,地下径流亦迅速增大,使地下水位骤然升高,坝子因泄洪不及,形成涝灾。但若在10天以上无雨或少雨,时间稍长,则地表水迅速下落,喀斯特坝子因土层缺水而呈现干旱。这种旱涝海子(坝子)也较多,如

兴义细纳独山坝子，其面积达 150 hm^2，安龙法统坝子面积 40 hm^2，总旱涝海子面积 33.3 hm^2 等，均是典型的旱涝海子（坝子）。由于经常受旱涝灾害的影响，这类盆地的生产力低，农业生产水平差。

(3)堵塞型小型坡立谷和洼地涝灾。一些峰丛洼地和峰林槽谷中的坡立谷、小型洼地，因其消水洞常被崩塌的乱石堵塞以至排水不畅，每逢连续大雨、暴雨，常会发生因泄水不及而致的洪涝。如果消水洞或排水口又被洪水带来的草木泥石所堵塞，其洪涝灾害更为严重。例如平塘克渡盆地，由于消水洞被崩坠的乱石所堵塞，水流不畅，每当雨季上游洪水涌至，就会积水成灾，塘边乡一带每年要被淹一二次，农民经常要重栽一二次秧，最多曾反复栽秧 5 次。

（二）严重的地质灾害

地质灾害是危及人类生存和发展的灾害之一，是破坏资源和危害环境的严重灾害。随着人类活动日益频繁，生产建设规模不断扩大，以及生态环境的破坏，地质灾害出现的频度加快，灾情加重。据研究资料表明，滑坡、泥石流、山崩等地质灾害，在 1563～1934 年的 371 年间平均约百年发生 9 起；1956～1984 年间，约 1 年发生 8 起；1993～1998 年，约 1 年发生 225 起。造成的经济损失，从 20 世纪 80 年代的几千万元上升到 90 年代的年均 2 亿元（李景阳、毛健全，1999）。从地质灾害分布看，贵州西部的六盘水和毕节是地质灾害的多发区，而且由人类工程活动引起的占 47% 左右。近年来在贵州东部的印江、松桃等地亦有规模巨大的滑坡发生。在贵州危害严重的地质灾害有以下 4 种：

1. 滑坡

滑坡是山地坡面岩（土）体失去稳定平衡后下滑的一种地质现象。下滑土体对基本农田、基建设施和人民生命财产造成威胁（表

5-6)。

据有关资料统计,1989 年全省发生大小滑坡 500 处,有资料可查的有 285 处。按后者统计,规模小于 10 万 m^3 的滑坡占 65%,10～100 万 m^3 的占 22%,大于 100 万 m^3 的占 13%。大小滑坡造成严重灾情:毁房万余间,毁地 100 余 km^2,毁学校 3 所,厂矿 1 个,两个乡政府受破坏搬迁,12 个自然村被迫搬迁,死亡 400 多人,伤 100 余人,直接经济损失超过亿元。

1993 年,对西部地区地质灾害调查,其中六盘水有滑坡 586 处,体积大于 100 万 m^3 的滑坡占 19.28%。毕节有滑坡崩塌点 482 处,涉及 140 个乡 261 村,威胁 5.6 万人的生命财产安全。

表 5-6　　贵州喀斯特典型滑坡事件

滑坡地点	发生时间	滑坡规模	灾害损失
纳雍跨岩	1975 年 6 月	滑坡体长 500 m,宽 200 m,滑动距离 30 m	堵塞地下水,蓄水形成山塘
毛栗村	1982 年 6 月	为地裂及缓慢滑动	全村 100 户房屋开裂,16 户房屋倾斜或倒塌,受灾达 6 000 人
盘县官鸠村	1968 年 6 月	滑坡体长 1 000 m,宽 200 m	堵塞江浪河,形成坝高 20 m、蓄水 40 万 m^3 的赧然湖泊,数公顷耕地毁坏,5～6 户农民搬迁
盘县新民乡黑社村	1983 年 8 月	滑动岩体 800 万 m^3,滑动距离 150 m	滑坡体将山下小河堵塞成湖,全村 106 户中,104 户房屋倒塌,幸存 2 户,房屋严重损坏,小学全被冲毁,水碾房被埋,直接损失 70 万元,27.6 hm^2 良田好土遭严重破坏
盘县银山乡马戛村	1979 年 6 月	滑坡体积 1 500 万 m^3	全村房屋被毁,死亡 32 人,毁田 26.7 hm^2,直接损失达 20 万元
盘县亦资疯岩村	1968 年 8 月	滑坡体积达 3 000 万 m^3	半个村庄被毁,死亡 40 人,堰塞湖溃决下游河水猛涨,沿岸农田被淹

续表

滑坡地点	发生时间	滑坡规模	灾害损失
盘县亦资石脑乡官鸠岩村	1968年9月	滑坡体积3 000万 m^3,为国内罕见之大型滑坡	滑坡体前端冲入江老河水库,水库报废50 hm^2,田地遭到破坏
盘县火铺选煤厂	1970年7月 1971年6月	滑动岩体多于200万 m^3	整治费用200余万元

2. 泥石流

泥石流是一种饱含水体的松散堆积层,在重力作用下向山体下部流动的泥石块体运动,通常在强大暴雨时发生,因此常伴有山洪暴发,故称之为洪泥石流。贵州全省典型的泥石流案例见表5-7。1989年发生泥石流50处,其规模在1～100万 m^3 之间不等,共毁田土10 km^2,毁房数百间,伤亡150余人,可见泥石流灾害发生的频繁和危害。1993年在贵州西部调查,其中六盘水有泥石流点52处,以水和石头为主的水石流占63.46%;毕节有泥石流点141处,涉及72个乡、127个村,威胁2.6万人的生命财产安全。

表5-7　　　　贵州近期发生的泥石流事件

滑坡地点	发生时间	滑坡规模	灾害损失
水城彩旗落	1983年5月	洪积扇半径达150 m,展开角120°,厚达1 m,其中有重约15 t的巨石冲运而下	埋旱地12 hm^2,冲毁房屋15间,两户农民共12人连房带人全部冲走,冲走大牲畜19头,淤塞、毁路1 000余m
纳雍水井村	1983年5月	发生泥石流的坡地上冲沟遍布,最大冲沟深2～3 m,一块重达4万余kg的巨石被冲走300多m,树龄20多年的大树被连根拔起	全村34户受灾,其中两户8人连房屋全部被冲走,14户毁房,死亡37人,重伤13人,大牲畜冲走10余头。
盘县雨那乡黑社村	1983年8月	滑坡后转为泥石流,滑坡体积约2 000 m^3,泥石流动距离200～300 m	滑坡体上全村114户70余栋房屋全部倒塌,被冲入滑坡泥石流中

续表

滑坡地点	发生时间	滑坡规模	灾害损失
盘县红果纸厂村	1997年7月	特大山体滑坡泥石流	12栋房屋冲毁,8栋民房被泥土埋没,5人受伤,31人死亡
水城幡龙	1968年汛期	暴雨引起的坡积为主的泥石流	死1人,毁房3间,毁田土近667 hm^2
毕节大牲畜场	1982年5月	暴雨引起坡积物下泻,形成洪泥石流	死4人,伤6人,毁房173间,死亡畜37头,毁草地311.3 hm^2
毕节官屯乡	1982年4月	暴雨引起坡积物下泻	死3人,毁田44.5 hm^2,损失粮食370 kg
晴隆青山乡	1982年5月	暴雨引起坡积物下泻	损失电站1座,价值20余万元

3.崩塌

崩塌是指在坚硬岩石分布的深切陡峭河谷、沟谷,地下河出口、入口或其他断崖垂壁地区,由于岩石构造裂隙、节理发育,或溶蚀裂隙扩大,使其部分岩体整体垮落的现象。当受到外力如暴雨、地震的袭击震动,以及大型工程的山体开挖引起边坡失稳等,使岩块失去稳定平衡时,岩块因受重力作用也极易崩落形成崩塌。崩塌常常壅塞河道,形成险滩,阻碍航运,或使农田、道路、建筑物受到破坏,造成灾害。近期的崩塌灾害其成因已经变为人为活动为主,如开阳磷矿开采,修建铁路造成铁路沿线的边坡失稳等。据1984年贵阳铁路分局所管辖线路的资料,该年度共发生崩塌落石等病害185处,病害残路长30 km。随着人为活动的增多,崩塌也更加频繁。1989年全省共发生崩塌120处,有实测资料的62处,其中42处分布在喀斯特地区,约占总数的67.74%,崩塌规模为1～10万 m^3 的11处,占18%;造成严重灾害的有28处,占总数的45.16%。由于崩塌的频繁发生,造成交通阻塞10处、毁房200间、死亡120人、伤10人的严重后果。

4.塌陷

塌陷是在重力作用下,地表面土体陷落成坑的一种地质灾害。绝大多数塌陷是人为因素诱发产生的,如过量抽取地下水、水库蓄水、矿产采空、地表水下渗等,都会引起塌陷。据《贵州环境工程地质灾害研究》对20世纪80年代中期的调查,在上述各种人为活动中,抽取地下水引起塌陷所占比重最高,达37.0%;其次是水库蓄水,占35.0%;采空、地表建筑的地表水下渗等各占4.6%,振动占1.5%。据资料统计,1989年,贵州全省喀斯特地区发生塌陷126处,塌坑2 317个,其中规模大、危害大的应以水城盆地为代表,水城喀斯特盆地因过量抽取地下水造成塌陷频繁发生。1967年水城钢铁厂开始钻井抽取地下水,两年内先后钻井18口,其中有14口井发生塌陷,1970～1980年间,先后又发生塌陷805个,塌坑范围小者直径数米,最大的直径达16 m,陷坑深一般3～5 m,最深达14 m。塌陷不仅造成农田毁坏、房屋开裂倒塌、道路开裂、市政建设设施损坏,而且塌洞把污水引入地下,污染水源,使日供水量8万t的水源地报废,引起城市水荒。

除上述4种发生频繁,危害较大的地质灾害外,贵州还有少量的地裂、山体开裂、地震等地质灾害,因其危害与影响较轻,不再赘述。

四、环境污染严重

贵州的环境污染源主要来自于工业“三废”,其次为居民生活产生的“三废”。据统计,1985～1995年间,全省工业废气排放量增长1.27倍,废气形成的酸雨区面积达5万km^2,酸雨率为78%～90%。全省废水排放量累计为56亿t,河流、水库平均污染综合指数呈上升趋势,50%的地表水达不到Ⅲ类水质标准。小硫磺、小煤窑、小铅锌矿等乡镇企业对农村环境危害很大,环境污染从城市

向农村蔓延。1985～1995年，全省因工业“三废”造成的农作物失收面积达200 km^2 以上。

（一）严重的煤烟型大气污染

1.大气污染的特点

贵州大气污染属局部地区性，虽然影响范围局限，但由于点源分散，因此影响面仍然较大，对全省农业生态环境的不良影响也是严重的。

1)煤烟型大气污染呈上升之势

由于贵州能源消费以燃煤为主，而所燃烧的煤炭含硫量较高，一般燃煤的含硫量均在3.7%以上，因此形成以二氧化硫、烟尘为主要污染物的煤烟型大气污染。据贵州省环保局的统计资料，1997年，全省工业废气排放量3 133.69亿 m^3，其中乡镇企业为845.32亿 m^3，比1985年增长了2.8倍。全省工业废气中主要污染物二氧化硫、烟尘和粉尘排放量分别为75.01万t、29.67万t和38.52万t，其中乡镇企业工业排放量分别为14.09万t、11.92万t和25.03万t。早在20世纪80年代初期(1983年)全省除铜仁和黔东南以外，各地空气中的颗粒物和二氧化硫每平方千米年平均污染负荷均超过了全国平均水平。虽然从20世纪80年代开始至90年代中期，加大了对大气污染的治理力度，使煤烟型大气污染在一定程度上受到遏制，表现在废气排放量不断增长的情况下二氧化硫没有明显增长。第七个五年计划期间与1997年相比，城市二氧化硫年日均浓度相差甚微，没有明显增长，第七个五年计划期间为0.055～0.392 mg/m^3，1997年稳定在0.063～0.373 mg/m^3。但1997年仍有54.15%的城市二氧化硫浓度超标，污染较重的城市为贵阳、安顺、都匀、凯里、红花岗、兴义。从全省来看，由于近期工业发展迅速，增加了大量新污染源，再加上20世纪80年代以来迅猛发展的乡镇企业的环保投入及环保设施远远跟不上

生产的发展，环境赤字仍很大。如1995年全省乡镇工业废气处理率仅6.4%，燃料燃烧废气除尘率仅为2.4%，生产工艺废气净化处理率为12.1%等等，使原本就十分严重的煤烟型大气污染呈上升之势。以20世纪80年代初期和90年代中期的有关的资料进行比较，就可说明这个问题(表5-8)。

表5-8　贵州煤烟型大气污染在不同时期的排放量及增幅　　万t

	20世纪80年代初期(1983年)排放量			20世纪90年代中期(1995～1996年)排放量			增　幅/%		
	烟尘	粉尘	CO_2	烟尘	粉尘	CO_2	烟尘	粉尘	CO_2
全　省	14.57	18.50	29.85	48.81	123.58	78.32	335.0	668.0	262.38
贵　阳	3.25	2.39	7.77	11.71	8.06	38.71	360.3	337.2	498.20
六盘水	1.56	4.42	4.14	10.71	3.42	8.75	686.5	77.4	211.40
遵　义	2.52	4.28	3.74	8.82	17.66	11.61	351.2	412.6	310.40
安　顺	2.44	1.70	3.84	0.92	1.20	1.05	37.7	70.6	27.30
黔西南	0.20	0.37	0.47	1.92	2.15	2.20	960.0	581.1	468.10
毕　节	1.83	1.10	3.37	10.13	1.10	5.79	553.6	100	171.80
铜　仁	0.43	0.40	0.74	1.05	0.97	2.42	244.2	242.5	327.00
黔　南	1.55	3.23	3.73	2.29	6.02	6.26	147.7	186.4	167.80
黔东南	0.77	0.61	2.15	1.26	0.83	1.53	163.6	136.1	71.20

注：①1983年污染物排放量为工业污染源的排放量；②20世纪90年代污染物排放量分别由1996年县及县以上工业和1995年乡镇工业排放的部分之和表示；③增幅以20世纪80年代排放量为基数，为90年代排放量增至80年代排放量之倍数(用"%"表示)，100%为未增加，低于100%为减少。

2)局部地区性大气污染也较严重

贵州大气环境除因燃煤造成严重的煤烟型大气污染外，因工业废气而造成其他有害、有毒物质的局部地区性大气污染也较为严重。比较突出的是铝冶炼中产生的氟气污染和炼汞的汞蒸汽污染。

贵州铝厂的含氟气体污染浓度达0.006 4～0.054 2 mg/m^3，影响距离最远可达2 500～3 000 m。此外，在20世纪80年代中期，局部地区性大气污染还有以铜仁、万山、务川、丹寨等汞矿为主要分布地的炼汞含汞废气排放，造成大气污染。进入20世纪90年代以后，随着汞矿生产有所减缩，含汞废气对环境的污染有所降

低，但由于重金属在自然环境中非常稳定，因此其对环境的不良影响依然存在。

硫也是贵州最主要的区域性环境污染元素之一。毕节的大方、黔西、毕节等县(市)的土法炼硫磺敞烧炉，产生大量含硫废气(主要是二氧化硫)，每吨硫磺排放二氧化硫达 1.25～1.8 t，而且是无组织面源排放，使炼磺区方圆 3～5 km 的范围内土壤酸化，pH 值达 3.5 左右，废气所到之处树木枝叶全无，只剩下如火烧后的树桩，数平方千米范围内一片焦土，满目荒芜，严重的地方因岩石酸化发白、粉碎，形成严重的石漠化景观。

2. 酸雨严重且有明显扩展之势

酸雨是指 pH 值小于和等于 5.6 的降水。煤烟型大气污染的严重后果是普降酸雨，早在 20 世纪 80 年代，贵州的酸雨就已十分严重。据 1983 年 44 个监测点收集到的 1 365 个样品分析，其中 pH 值小于 5.6 的样品有 845 个，占样品总数的 62%；pH 值范围和平均值范围分别在 3.2～6.10 和 4.28～5.59 之间变化。贵阳、遵义红花岗、安顺、都匀等黔中各市(区)，酸雨检出率和酸度均较高，当时就已成为中国最严重的酸雨区域之一。

20 世纪 90 年代以后，随着工业的发展，二氧化硫大量排放，全省酸雨(pH<5.0)分布面积从 1984 年的 7.3 万 km^2 扩大到 1992 年的 9 万 km^2，增加了 23%，其中 pH 值小于 4.5 的分布面积由 1984 年的 0.72 万 km^2 扩大到 1992 年的 4.68 万 km^2，增加了 5.5 倍。酸雨形势已从 20 世纪 80 年代以城市和工业区为中心的小片点状分布扩展成为以黔中地区为中心，大约有 5 万 km^2 的连片大面积分布，并与重庆构成全国闻名的西南酸雨区。六盘水、红花岗、安顺、凯里、铜仁、毕节、兴义等城市降雨年平均 pH 值范围在 4.06～6.09 之间，除毕节外，其余 8 个城市均出现酸雨，酸雨年平均 pH 值范围为 4.05～5.12。红花岗、安顺、凯里、都匀 4 个城市酸雨强度较大，频率高，酸雨 pH 值均低于 4.50，酸雨频率均大

于50%。据长期监测资料,若以pH值小于5.6的降雨为酸雨、pH值小于4.0的降雨为强酸雨,则整个贵州中部地区平均酸雨率为80%,强酸雨率为30%,其中贵阳与红花岗最为严重(图5-4)。二氧化硫和酸雨的危害很大,据环保部门研究,贵州全省受酸雨危害的农田约4 820 km^2,1992年造成的农业损失为1.5亿元。全省因二氧化硫和酸雨造成直接可计算损失4.6亿元,推算生态损失14.5亿元(刘家彦,1999)。

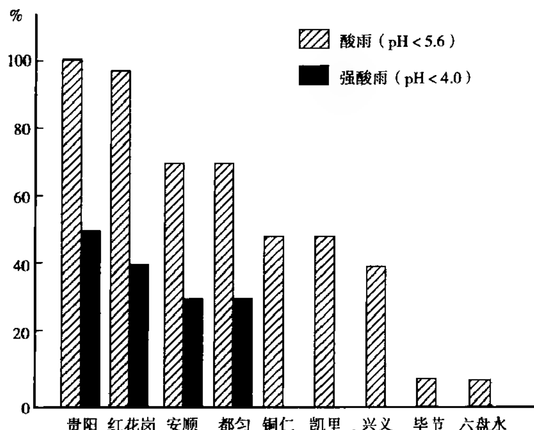


图5-4　贵州1996年主要城市的酸雨频率图

3.喀斯特环境使城市大气污染更加严重

贵州主要城市如贵阳、红花岗、都匀、凯里、水城等均处于喀斯特山间盆地或河谷之中,城市周围的山体对大气环流造成一定影响,特别是近地表层受其影响而表现出逆温层低、风小、静风频率高、热力环流和动力环流显著、污染物不易向外输出扩散等特点。因此,在以燃煤为主的能源消耗过程中,产生大量污染物——二氧化碳、二氧化硫、总悬浮微粒等,大量集聚于城市上空,从而造成严重的大气污染。

贵阳就是这样一个大气污染严重的典型喀斯特城市。贵阳坐

落在一个呈南北走向的喀斯特构造盆地中，盆地周围是一系列相对高度在100～200 m的山丘，城市和工业建设集中于盆地之中并沿山间槽谷地带向外扩展。喀斯特盆地的特殊地貌使贵阳的风向有明显的季节性变化，冬季多东北风和北风，夏季盛行南风及东南风，年平均风速为2.2 m/s，市中心风力较弱，多为二级，且静风频率高达23%，个别月份可达35%。由于特殊地形的影响，贵阳上空的逆温现象比较突出，据贵阳探空实测资料分析，在4 000 m以下的高空，全年有80%的日子出现逆温层，尤以冬半年发生频繁，显著多于夏半年。据1972年的实测资料，从10月到次年5月，几乎天天有逆温层存在，第一逆温层平均约700 m，平均厚度360 m；而在600 m以下低空，一年中有180天出现逆温，逆温层出现频率为50%。低空逆温在冬季持续时间最长，有时可延至中午才消失，持续发生日数可长达8天左右。像贵阳这样四面环山、逆温频繁、风速小、静风频率高等自然地理特征，导致当地大气稳定度大，大气中污染物不易稀释扩散，从而形成严重的大气污染。

正是因为上述原因，贵阳这个中等规模的城市，其大气污染却成为国内污染最为严重的城市之一。特别是因燃煤而产生的二氧化硫污染，早在20世纪80年代其浓度就超过国家标准1.0倍，二氧化硫浓度年日均值达到0.3 mg/m^3，与国内15个特大城市相比，仅次于重庆居第2位；总悬浮物浓度年日均值0.45 mg/m^3，超过国家标准0.5倍，在15个特大城市中位居第9位。省内其余的喀斯特城市大气污染也和贵阳相似，二氧化硫、总悬浮微粒等指标均长期在国家二级标准以上徘徊。到1993年，二氧化硫年均值已是全国年均值的2.3倍，这对全国大气环境质量恶化趋势有着重大影响。

（二）地表水和地下水的污染日趋严重

随着工业生产的发展和城市规模的扩大，在用水量增长的同

时,废水排放量也随之扩大。贵州全省废水总排放量从1985年的5.51亿t增加到1997年的6.02亿t,增长1.09倍。据不完全统计,全省从1980~1996年间,向水域累计排放废水97.96亿t,其中工业废水66.23亿t,占70.5%(图5-5)。工业废水中有毒物汞、氰化物、砷、六价铬累计排放量约73.15亿t。这些废水排入水域,或经地面渗入地下,造成了水环境污染。多年来,虽然加强了水污染治理和执法力度,在局部范围内取得了成效,污染状况有所好转,但由于治理能力滞后于废水排放量的增长,从整体上看水污染仍呈增长势头。

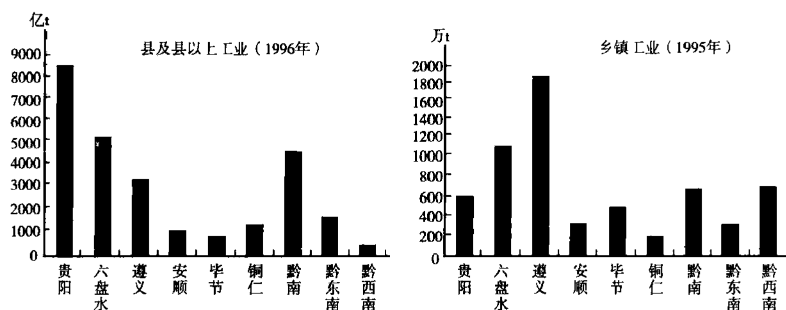


图5-5　贵州各地(州、市)工业废水排放量

1.地表水污染

从河流、水系来看,在第六个五年计划期间,贵州省内主要水系的干流水质基本良好,能达到国家Ⅱ类水质标准,仅流经主要城市和工矿区的二、三级支流河段受到局部污染。到第九个五年计划期间,全省河流有1 361 km是Ⅳ类水,241 km是Ⅴ类水,Ⅳ、Ⅴ类水质占河段总长的5.3%,近50%的河段地表水质评价指标不能完全达到Ⅲ类水质标准。综合污染指数也呈上升趋势,根据贵州省环保部门的水质常规监测数据统计,南明河、湘江、锦江、清水江、清水河等5条河流的平均污染负荷综合指数从1967年的5.28上升到1993年的8.53,增幅为61%。

到20世纪90年代,地表水水质状况进一步恶化。据《贵州省1996年度环境状况公报》的资料:“在1996年贵州省长江流域清江水系和乌江水系水质污染较重,赤水河水系和珠江流域两江水系水质污染相对较轻。全省河流污染类型以氨氮类污染为主,其次为有机类污染。河流污染水平较上年有所上升。”在乌江水系6条河流(三岔河、妈姑河、清水河、南明河段、白甫河倒天河段、六冲河、湘江)监测的25个断面中,有64%的断面水质达不到使用功能规定的水质标准。与上年相比,乌江水系污染呈上升趋势。在清江水系5条河流(清水江都匀段、巴拉河、清水江凯里段、㵲阳河、锦江)监测的20个断面中,有70%的断面水中污染物超标。与上年相比,巴拉河和清水江都匀段污染加重,清江水系污染也呈上升趋势。在西江水系7条河流(拖长江、六枝河、打邦河、北盘江、桑朗河、蒙江、都柳江)监测的17个断面中有29%的断面水质超标。西江水系污染较上年也略有上升。1996年用综合污染指数评价全省18条主要河流的65个水质监测断面,其中12条河流的综合污染指数升高,6条下降。纵观全省地表河流,大多数河流的水质污染都在不同程度上有所加重,反映了本省地表水污染的严峻态势。

地表水的另一种存在形式——湖库的情况也同样严重。1996年在6个湖库(百花湖、红枫湖、阿哈水库、乌江水库、虹山水库、绿茵水库)监测的25条垂线中,有68%的垂线水质达不到使用功能规定的水质标准,主要污染物是非离子氨和总磷。与上年相比,6个湖库的污染都有所加重,其中红枫湖继1994年以来再次发生严重污染事故,受特大水污染事故影响,红枫湖监测的7条垂线中有6条垂线总砷超标,枯水期7条垂线均有总砷检出。位于红枫湖下游的百花湖在枯水期各垂线也有总砷检出。

2. 地下水污染

贵州地下水资源十分丰富,据全省普查资料,全省地下水平均

天然资源量为每年443.784亿 m^3，枯季地下水天然资源量为每年229.07亿 m^3。随着国民经济建设需水量的迅猛增长，省内开发利用地下水资源已处于比较重要的地位，到20世纪90年代，全省饮用水中约1/2是地下水，其中72%以上又是喀斯特地下水。然而贵州地下水资源也同样面临水体污染的严重问题。

以贵阳、红花岗、安顺、六盘水和凯里等5个城市开采的地下水为例，在1993年水质监测的18个项目中，有15个项目超标，超标率达83%。其中，锰、氨超标率普遍上升，上升幅度分别为6.1%～13.1%和4.33%～13.0%。遵义红花岗地下水中锰的超标率和六盘水地下水氨超标率上升幅度最大。1996年对上述5个城市地下水的监测表明，21个监测项目中有17项超标，超标率80.59%，局部地区地下水的水质污染仍然比较严重：以上5个城市不符合国家饮用水质标准的地下水分布面积占测区总面积的91.41%，比上年略有增长，细菌总数和大肠菌群含量普遍超标，总硬度、锰、酚年均含量的超标率比上年有较大增长，其中水城盆地的喀斯特地下水已失去饮用功能。

3.脆弱的喀斯特水文地质环境加剧了水污染

由于喀斯特形态结构是由地表正、负地貌形态和地下洞穴、裂隙构成的二元结构，地表污水随处都可以通过溶蚀裂隙、落水洞注入地下，如果地表没有水污染防治工程设施，乱排的污水迅速进入地下而污染地下水。加之喀斯特含水层由溶隙和溶洞管道构成双重含水介质，被污染的喀斯特水扩散迅速且面积大，又因其自净能力差，导致治理困难。例如水城盆地的地下水污染和三岔河水的污染，使六盘水钟山区10万人饮水困难，由于被污染的地下水源难以治理，不得不放弃使用。

另外，因贵州喀斯特区域、地貌的宏观结构，喀斯特盆地多发育在分水岭地带，河流都是一、二、三级支流，河水量小，稀释能力差，纳污能力弱。而城市工矿又布局在这些盆地之中，污水排量稍

大就会造成严重污染。如水城、安顺、凯里、遵义等市的过城小河，在枯水期就成了一条排污沟。

4.水污染导致的严重后果之一——水性疾病流行

水性疾病是指与水有关的疾病，包括水性传染病（伤寒、痢疾、肝炎）和水性地方病（地方性氟中毒、地方性甲状腺肿），其中水性传染病多与饮水水质污染（主要是有机物污染）有关。据有关资料调查，在1951～1991年的41年间，共发生水性传染病病例470万例，发病率为512.48例/(10万人·a)，死亡率为3.56例/(10万人·a)。41年来，水性传染病发病数占法定传染病总数的18.82%，死亡率占15.36%。1986～1992年的12年中，水性传染病发病数占传染病总数的43.63%，死亡率占26.79%；而1991年，水性传染病发病率占83.05%，死亡率占42.29%，反映出水性传染病日趋严重的现状。其中，伤寒在20世纪80年代发病率曾逐渐上升，自1981年起，发病率始终居全国前3位，1986～1991年期间，除个别年份（1988年）居全国第2位外，其余年份均占全国第1位。表明水性传染病伤寒在贵州流行的严重性。

（三）被垃圾和工业固体废物包围的城市和矿区

城市生活和工业生产过程必然会产生废弃物，而且随着社会经济的发展，工业生产规模不断扩大，人民生活水平的日益提高，随之而来的垃圾与工业固体废物的排放量也将与日俱增。由于对垃圾与工业固体废物的处理与处置能力的不够和不及时，使垃圾与工业固体废物得不到及时妥善的处理，垃圾围城、工业固体废物围厂围矿的现象也日趋严重，已成为当今不容忽视的环境问题。

1.垃圾围城现象加剧

城市生活垃圾是市民日常生活产生的固体废弃物。长期以来，人们对城市生活垃圾的认识局限于废弃物和污染源的范围，处置方式也仅仅是清运和堆放，实际上仍是污染源搬家，从市区搬到

市郊,形成垃圾围城的局面。城市生活垃圾是一个极为复杂的混合物。以贵阳为例,目前贵阳南明、云岩两城区产生的生活垃圾约1 020 t,其中废渣(包括混合燃料灰渣)占73.30%,动、植物易腐残体占13.15%,其他废旧金属、塑料、废纸等多种成分占13.55%。按此推算,仅两城区年产生活垃圾就达37.23万t,垃圾产生量大。而且由于城市生活垃圾中的有机成分,特别是易腐动、植物残体及重金属离子的富集,从而造成严重的环境污染。其中,易腐动、植物残体堆集腐化,产生大量有毒有害气体和污染水体的垃圾渗滤液,并形成有利于蚊蝇孳生、病菌繁衍的生态环境,成为传播疾病的污染源。1983年贵阳哈蚂井垃圾场附近发生痢疾大流行,据卫生防疫部门检测确认是垃圾渗液污染地下饮用水所致,地下饮用水的大肠菌值超标高达770倍,致使政府不得不关闭该垃圾场并拨出专款进行治理。这个典型事例说明城市生活垃圾是城市生态环境的一个不可忽视的污染源。

随着经济的发展和人民生活水平的提高,城市生活垃圾还正逐渐增多。据贵阳城市生活垃圾动态调查,两城区生活垃圾的日产量目前正以6%～8%的比例逐年递增,预计到2000年贵阳两城区日产生活垃圾将达到1 250 t,年产量将达到45.36万t,这将给现有的垃圾收运体系和垃圾场造成沉重负担。贵阳历年的生活垃圾已堆满7个垃圾场,占地总共21.87 hm^2,约22万m^2。现使用的“仙人脚”和“大转弯”两个垃圾场到2000年也将爆满,城市垃圾围城的现象将不断加剧。

2. 工业废渣污染问题日趋严重

贵州主要城市及工矿区除了普遍存在生活垃圾围城的环境问题外,工业生产产生的固体废弃物由于产量较大、处理不及时和长期堆放,形成另一污染源,其对环境的不良影响正在逐渐扩大,成为日趋严重的环境问题。

工业固体废弃物的产生量在20世纪80年代初期(1983年),

全省大约产生量为659.6万t,年末堆存量为540.5万t,年处理和利用能力不及20%,致使工业固体废物的累计堆存量越来越大。到20世纪90年代末,随着工业的发展,工业废渣产生量和排放量也急剧增加。1996年全省县及县以上的工业固体废物产生量已上升到1 084.92万t,排放量67.89万t,综合利用率达25%,历年累计堆存量已达14 760.29万t,占地面积537.36万m^2。而同期(1995年)全省乡镇工业固体废物产生量更高达2 182.53万t,排放量为1 728.56万t(图5-6)。全省一年中工业固体废物的产生总量和排放量分别为3 267.45万t和1 796.45万t,其产生总量相当于20世纪80年代初期的3倍。工业固体废弃物的增长是非常迅速的。

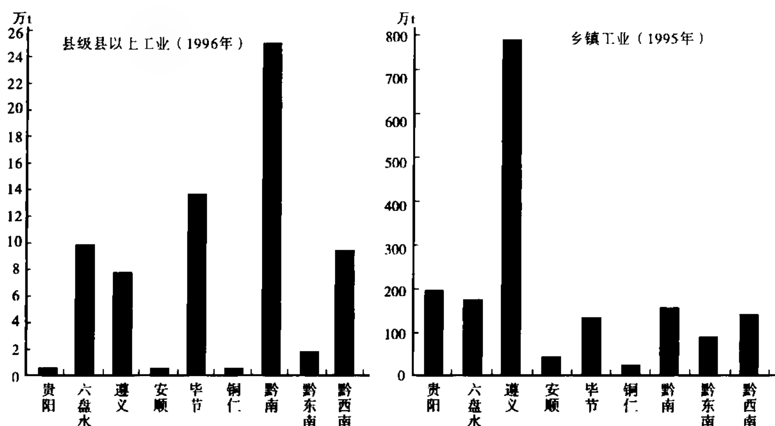


图5-6 贵州20世纪90年代中期工业废渣地区排放量

由于贵州的工业固体废弃物中以煤矸石、炉渣、冶炼渣和粉煤灰为主,4类废渣大约占废渣总量的80%以上。而且这4种废渣的产生和堆存点较集中。如煤矸石主要产生和堆存于煤矿,炉渣和粉煤灰多产生于火电厂,冶炼渣多产生于炼钢厂、汞矿等,因此对环境的影响较大(约占工业废渣的44.6%)。煤矸石在矿区内

堆积成“矸石山”，矸石自然产生大量二氧化硫和二氧化碳等气体，造成大气污染。

垃圾和工业固体废弃物堆积受雨水冲刷而污染水体，危害农田、淤塞河道，在喀斯特地区，更由于喀斯特环境系统的脆弱性，使这种不良影响更为广泛和快速地传播，危害更为严重。可见垃圾、工业固体废弃物“围城”这一表面现象，其实有着更深层次的危害，人们决不能疏忽大意。

五、生物种多样性严重受损、生态系统功能失衡

贵州生态环境的复杂多样，为形形色色的植物和动物提供了良好的生存条件，并为其演化和发展创造了条件，因此植物和动物种类较为丰富，其中特有的物种和特殊的喀斯特生态系统，使本省喀斯特地区表现较强的生物多样性特征。据《贵州植物志》、《贵州动物志》、《贵州植被》等专著的研究，全省共有高等植物近 6 000 种，其中包括蕨类植物近 700 种和种子植物 5 283 种，约占全国同类植物总数的 20.6%；全省有脊椎动物总数 921 种，约占全国脊椎动物总数的 14.5%。全省有各种自然植被类型共三大植被系列，即酸性土植被、钙性土植被、水生与沼泽植被，共 145 个群系，形成多种多样的自然生态系统，其中钙质土植被共有 30 多个群系，为喀斯特地区典型植被类型，并形成喀斯特地区特有的生态系统。

(一)物种多样性受损

在近期的数十年中，由于一些不良的人为活动造成环境污染、森林植被破坏，毁草毁林开荒、森林火灾、喀斯特湖泊的排水造田以及狩猎、滥捕、乱采，使本省野生动、植物资源及自然生态系统受到严重破坏，致使生物多样性严重受损，受威胁的野生动、植物物

种数不断增多。

1984年国务院环境保护委员会公布的中国第一批珍稀濒危保护植物名录中,贵州共有70种植物分列入一、二、三级保护,分布在喀斯特地区的有60种,占总数的85.5%。其中,一级保护植物4种,占全国同类保护植物的50%;二级保护植物27种,占18.9%;三级保护植物39种,占19.2%。保护植物总数占全国保护植物总数的19.8%。

1989年,贵州省环保局在《贵州珍稀濒危植物》一书中,列出了本省第一批珍稀濒危植物共98种,其中除包含国家级重点保护植物70种外,又根据本省情况增加了28种,分布在喀斯特地区的有81种,占总数的82.6%。1998年,国家环保局又在《中国生物多样性国情研究报告》中,列出全国被子植物濒危及稀有种名单,贵州共有86种被子植物列入,占全国总数的10.12%,分布在喀斯特地区的有71种,占总数的82.6%。此名录仅限于被子植物,不包含已列为重点保护的蕨类及裸子植物。

在贵州特有植物的专项研究中,根据《贵州植物志》及植物分类学等期刊,共整理出贵州特有种子植物274种(变种),其中分布在喀斯特地区的有230种,占总数的83.9%。这些特有植物绝大部分分布有限,数量稀少,受到人为活动的严重威胁而成为衰退种群,有的特有植物如辐花苣苔(*Thamnoc - haria esguirolii*)、黔苣苔(*Tengia scopulorum*)、壶花黔苣苔(*Tengiapotiflora*)、长瓣马蹄荷(*Exbucklandia longiperala*)、喙核桃(*Annamocarya sinensis*)、贵州山核桃(*Carya Kweichowensis*)、册亨柯(*Lithocarpus chehengensus*)、无鳞柯(*L. levis*)等已很难见到其踪影,正濒临灭绝的危险。

将上述文献中重复的种类删除,得出贵州全省受威胁的种子植物共计378种,约占全省种子植物的7.14%,其中在喀斯特地区分布的种类约占总数的80%以上(表5-9),反映出贵州喀斯特

地区种子植物多样性受损的严重性。

表 5-9　　贵州喀斯特地区主要受威胁植物

科、植物名	拉丁名	受威胁类别	喀斯特地区分布
松科	*Pinaceae*		
银杉	*Cathaya angyrophylla*	濒危	道真、桐梓
青岩油杉	*Keteleeria dovidiana*	稀有	贵阳、惠水
短叶黄杉	*Pseudotsuga brevifolia*	濒危	荔波、黎平
红豆杉科	*Taxaceae*		
短叶穗花杉	*Amentotaxus argotania*	濒危	荔波
苏铁科	*Cycadaceae*		
贵州苏铁	*Cycas kweichowensis*	稀有	兴义、安龙、望谟、贞丰
胡桃科	*Juglandacae*		
贵州山核桃	*Carya kweichowensis*	稀有	兴义、安龙、望谟、册亨、荔波
喙核桃	*Annamocarya sinensis*	稀有	兴义、荔波、三都
壳斗科	*Fagaceae*		
无鳞柯	*Lithocarpus levis*	稀有	兴仁、凯里
册亨柯	*L. chehengensis*	濒危	册亨
贵州青冈	*Cyclobanalopsis argyrotricha*	稀有	黔南
桑科	*Moraceae*		
荔波桑	*Morus liboensis*	稀有	荔波
木兰科	*Magnoliaceae*		
短梗含笑	*Michelia wilsonii*	稀有	安龙
单性木兰	*Kmeria septentrionalis*	濒危	荔波
西康木兰	*Magnolia wilsonii*	稀有	威宁、兴义
香木莲	*Magliatia aromatic*	稀有	兴义、荔波、安龙、仁怀
蛾嵋含	*Michelia wilsonii*	濒危	遵义
瘤果紫玉盘	*Uvaria kweichowensis*	稀有	兴义、安龙、册亨
樟科	*Lauraceae*		
绒毛樟	*Cinnamomum rufotomentosum*	稀有	兴义
石山桂	*C. calcareum*	稀有	荔波

续表

科、植物名	拉丁名	受威胁类别	喀斯特地区分布
安龙油果樟	*Syndiclis anlungensis*	濒危	安龙
黔桂黄肉楠*	*Actinodaphne loveidownsis*	稀有	安龙
黔南润楠*	*Machilus austroguizhonensis*	稀有	黔南
道真润楠	*M. daozhenensis*	稀有	道真
桂楠*	*Phoebe kwangsiensis*	稀有	荔波
楠木*	*P. zhennan*	稀有	绥阳、桐梓、习水
海桐花科	*Pittosporaceae*		
贵州海桐	*Pittosprum kweichowense*	稀有	安顺
金镂梅科	*Hamamelidaceae*		
长瓣马蹄荷*	*Exbucklandia longipetala*	濒危	独山
半枫荷*	*Semiliquidambar cathayensis*	稀有	贵阳
四药门花*	*Tetrathyrium subcordatum*	稀有	荔波
豆科	*Leguminosae*		
岩生红豆树	*Ormosia saxatilis*	濒危	贵阳
顶果木*	*Acrocarpus fraxinifolius*	稀有	六枝
格木*	*Erythrophleum fordii*	稀有	安龙、册亨、望谟
红豆树*	*Ormosia hosiei*	稀有	息烽
任木*	*Zenia insignis*	渐危	兴义、册亨、安龙
卫矛科	*Celastraceae*		
十齿花*	*Dipentodon sinicus*	稀有	惠水、望谟、安龙
贵州沟瓣	*Glyptopetalum feddei*	稀有	罗甸、贵定
槭树科	*Aceraceae*		
红脉槭	*Acer rubronervium*	稀有	施秉
贵州槭	*A. guizhouense*	稀有	黄平
灰叶槭*	*A. poliophyllum*	稀有	兴义、兴仁
平坝槭	*A. shiwaii*	濒危	平坝
张槭	*A. changii*	稀有	黔南
云南金钱槭*	*Dipteromia dyerama*	稀有	兴义、册亨
鼠李科	*Rhamnus calcicolus*		

续表

科、植物名	拉丁名	受威胁类别	喀斯特地区分布
石生鼠李	*Rhamnus calcicolus*	稀有	荔波
黔南鼠李	*R. chiennanensis*	稀有	黔南
旌节花科	*Stachyuraceae*		
石山旌节花	*Stachyurus calcareous*	稀有	黔南
山茱萸科	*Cornaceae*		
短梗四照花	*Dendrobenthomia brevipedunculata*	稀有	毕节、清镇、平坝、兴仁、贞丰、安龙
夹竹桃科	*Apocynaceae*		
清明花*	*Beaumontia grandiflora*	稀有	紫云
富宁藤*	*Parepigynumfuninfense*	稀有	盘县
苦苣苔科	*Gesneriaceae*		
辐花苣苔*	*Thamnocharis esguirolii*	濒危	贞丰、兴仁
黔苣苔*	*Tengia scopulorum*	濒危	贵定
壶花黔苣苔	*T. protiflora*	濒危	修文
贞丰粗筒苣苔	*Briggsia rosthornii*	稀有	贞丰
贵州直瓣苣苔	*Ancylostemon notochlaena*	稀有	贵阳、惠水
荔波唇柱苣苔	*Chirta liboensis*	稀有	荔波
清镇唇柱苣苔	*C. secundiflora*	稀有	清镇
白花蛛毛苣苔	*Paraboea martrinii*	稀有	平坝、长顺、罗甸
爵床科	*Lentibu 1 ariaceae*		
安龙花*	*Dyschoriste sinica*	濒危	安龙、盘县
罗甸马兰	*Strobilanthes lofouensis*	濒危	独山、罗甸
菊科	*Compositae*		
歧柱蟹甲草*	*Dicercoclados triplinervis*	稀有	贵定
黔尾药菊	*Synotis guizhouensis*	稀有	贵定、纳雍
贵州囊吾	*Ligularia leveillei*	濒危	清镇、龙里、平坝
水鳖科	*Hydrocharitaceae*		
沉水海菜花	*Ottelia demersa*	濒危	贵阳
海菜花*	*O. acuminata*	稀有	威宁

续表

科、植物名	拉丁名	受威胁类别	喀斯特地区分布
禾本科	*Gramineae*	渐危	
黔竹	*Dendrocalamus tsiangii*	渐危	荔波、惠水
贵州刚竹	*P. guizhouensis*	渐危	毕节、纳雍
贵州悬竹	*Ampelocamus calcareous*	渐危	荔波
方竹*	*Chimonobambusa guadangularis*	渐危	习水、遵义、荔波、绥阳、清镇、桐梓
人面竹*	*Phyllostahys aurea*	渐危	盘县、黔西、六枝、荔波、都匀、湄潭
荔波大节竹	*Indosasa lipoensis*	渐危	荔波
独山青篱竹	*Arundinaria dushanensis*	渐危	独山
百合科	*Liliaceae*		
疣点开口箭	*Tupistra verrueulosa*	稀有	平塘、瓮安
兰科	*Orchdaceae*		
贵州虾脊兰	*Calanthe tsoongiana*	稀有	贵阳
黑节草*	*Dendrobium candidum*	稀有	兴义、安龙、独山
细叶石斛*	*D. hancockii*	稀有	兴义、罗甸、望谟、贞丰
贵州兜兰*	*Paphiopedilum barbigerum*	稀有	黔西南

*《中国生物多样性国情研究报告》中列入濒危或稀有种子植物名录者。

贵州全省共有脊椎动物921种，被1989年3月颁布的《中华人民共和国野生动物保护法》中列为国家重点保护野生动物名录的脊椎动物共83种(亚种)，其中一级保护动物14种，二级保护动物69种，分别占全国同类保护动物总数的13.0%和25.7%。生存受威胁的动物数占全省脊椎动物总数的9.0%，其中多数种类也是生活在喀斯特地区。

(二)生态系统多样性受损

自然生态系统中，由于天然森林遭到大量砍伐，毁林毁草开荒和围湖放水造地等人为活动非常普遍，致使大量典型的自然生态

系统沦为人工的或次生性的生态系统。特别是喀斯特天然森林的减少,喀斯特湖泊(海子)的人为开发利用和枯竭,喀斯特灌草丛因开垦而变为耕地等等,都使喀斯特生态系统的多样性遭受损失,使复杂多样的自然生态系统正被简单单一的人工生态系统所取代。这也从另一层次——生态系统水平上反映出生物多样性受损的严重。

人类的生存离不开其他生物,地球上多种多样的植物、动物和微生物为人类提供了不可缺少的食物、纤维、木材、药物和工业原料。多样化的生物有机体与非生物环境交互作用形成的生态系统调节着地球上的能量流动,保证物质循环的进行,从而影响着大气、土壤、水文的性质和状况。繁杂多样的生物及其组合,即生物多样性与它们的物理环境共同构成人类生存所依赖的生命支持系统。很明显,生物多样性受损,其后果是人类的生存受损。喀斯特地区由于其环境的脆弱性,生物多样性的维护就显得更加必要,因此我们决不能掉以轻心。

六、喀斯特生态环境恶化的主要原因

贵州喀斯特生态环境问题产生的具体原因虽然不同,但是从总体来看,生态环境恶化主要起因于人地关系失衡,主要表现在以下几个方面:

第一,先天脆弱的喀斯特生态环境是生态易于失衡的自然基础。地形演化过程形成的贵州喀斯特高原山地,加上亚热带季风气候,其自然地质过程以侵蚀、溶蚀为主,因重力梯度大和水力梯度大,易于产生水土流失。又因喀斯特的脆弱性特征,给石漠化提供了自然条件。喀斯特环境不仅生态容量低、容易破坏、恢复困难,而且还强化如旱灾、洪涝、塌陷等自然灾害的灾情,表现出生态环境对人类活动耐受力差的总特征,易于失衡。

第二,相对贫乏、潜力较低的农业土地资源是引起生态破坏的致命弱点。喀斯特山地的宜耕地少且以坡耕地为主,耕地质量差、潜力低,开发中隐含"额外代价",对拓展农业产生很大障碍,资源人口容量小,易于导致人地矛盾尖锐。

第三,持续增长的人口对生态环境产生沉重的压力。现代人口迅猛增长,因迫于生计而毁林开荒,乱采滥挖,破坏植被。众多人口不合理的活动,达到现实生产力下大自然支持系统的临界平衡极限,主要是耕地支持系统、森林支持系统的平衡极限。如人均耕地已降至 0.053 hm^2 以下。在 20 世纪 80 年代,森林覆盖率降到 12.6%,个别县甚至小于 2%。

第四,滞后的发展阶段与低下的治理能力。如果说中国是低收入的人口大国,贵州则是人口众多、发展滞后、收入更低的贫困省。在广大农村,贫困人口占农村人口的 1/3,并且以传统方式生产和生活,生产力低下,群众尚处于满足基本需求层次上,对生态环境质量的要求较低。由于贫困,对外延式发展(如毁林开荒)积累的生态恶化缺乏足够的治理能力,以致生态赤字继续扩大。工业化进程尚处于工业化初级阶段,布局的工业结构多是污染型的,迫于急需发展的需求,在生产工艺、技术落后的基础上,持续外延发展惯性,其直接后果就是增加排放量,污染环境。由于工业效益不高,自身治理能力有限,社会投入治理的能力也弱,以致发展与治理矛盾尖锐。例如贵州在第八个五年计划期间全省环保投入仅占 GDP 的 0.45%,约为全国平均水平的 1/2。而美国 1980 年投入治理环境的费用占 GDP 的 2%~3%。

第五,决策失误以及生产关系调整产生的客观效应。由于历史的原因,过去人们对生态环境的认识不足,因此在决策中很少考虑到决策带来的生态问题和应该采取的措施,以致客观上起到了对生态环境的破坏作用。例如,20 世纪五六十年代的人口政策失误引起人口猛增;1958 年"大炼钢铁"对森林的砍伐;"以粮为纲"

造成的毁林毁草开荒种粮，是以牺牲生态环境为代价获得粮食总量增长。农村频繁的所有制调整也造成了生态环境破坏，如20世纪80年代的“联产责任制”，在释放农民生产积极性的同时，农民对资源的掠夺式经营也对生态环境有破坏作用。乡镇企业发展的同时，经营者的短期行为增加了对农村的污染。

第六、法制不健全、执法力度不够。提高全民生态意识，依法管理生态环境是保护生态环境的重要手段。目前国家制定的很多政策性的法规缺少实施细则，不足以成为执法部门的执法依据，而且在现实生活中存在有法不依、执法不严的问题。

第六章 喀斯特生态环境开发治理成效

——模式与经验

贵州从建国初期到20世纪80年代中期,生态环境质量急剧退化,其后果威胁到经济社会发展。20世纪80年代中期以后,贯彻执行生态环境保护基本国策,提出了“人口—资源—生态环境”协调发展的基本思路,加大了生态环境的治理力度,并为此做出了巨大的努力,在生态环境重点治理区遏制住了生态恶化的势头,生态环境质量有了明显好转。与此同时,探索出了一些行之有效的治理模式,取得了一些成功的经验,这些模式和经验对西部开发中实施大规模生态环境建设有一定的参考意义。

一、研究成果丰硕

贵州省科技部门从20世纪80年代开始,组织科研院所和高等院校的专家学者对喀斯特生态环境特征及开发治理进行了长期、持久的研究,并与国内外的专家学者保持学术往来与合作研究,取得了丰硕的成果,提出了许多具有中国特色的开发治理模式,在国际、国内产生了重大的影响。

(1)贵州喀斯特与经济发展相关分析:是贵州师范大学杨明德和贵州省山地资源研究所邓自民1989年主持完成的贵州省软科学研究项目。该研究拟订了国家经济建设中与喀斯特有密切关系的重要因素进行分析研究。提出要把存在的资源潜在优势转化为经济优势,既有喀斯特环境有利因素的促进,也有许多不利的潜在

因素的制约;现在困扰贵州建设中的人口、资源、环境、粮食和能源问题无一不与贵州的喀斯特有关;农业发展的根本出路在于生态农业和农业工业化,大力发展工业振兴贵州经济,建立有区际意义的工业体系,控制人口、提高人口素质,发展基础教育。

(2)贵州喀斯特山区以牧为主的生态农业试点的研究:是贵州省环境保护科学研究所周精忠 1989 年主持完成的国家环保局项目,采用生态学及生态经济学原理,研究在合理利用资源、提高经济效益的同时,控制污染及生态破坏。对乌当奶牛场的环境资源进行调查,弄清水资源及水污染并提出防治措施,制定了发展规划。主要对第一、二性生产、家庭农场、沼气开发及其综合利用、物质能量循环及生态系统功能评价进行研究,同时用于生产。试点的研究结果,年总产值、年利润 1988 年比 1984 年分别增长 150%、152.8%,青饲料、牛奶产量分别增长 76.7%、70.6%。同时,控制了水源污染,土壤肥力提高,森林覆盖面积增加。该研究在牧场及以牧为主的农村具有推广价值。

(3)贵州省喀斯特地区农村经济开发研究:是贵州省农业区划办公室朱成松 1990 年主持完成的全国农业区划办公室的委托项目。根据贵州现有经济基础及发展潜力,拟出农村经济的开发方向、预期目标及主要项目。提出提高认识,坚持自力更生为主的方针,加强智力开发,提高科技文化水平,搞好生态建设,切实防治水土流失;大力发展农田基本建设,改善农业生产条件;改善经营管理,增加物质投入;强化经济开发机构,提高信息服务效能;开拓新的生产门路,转移农村剩余劳动力;控制人口增长,切实保护耕地;有计划、有步骤地开发旅游资源,发展旅游事业及加强农村集镇建设等 10 项措施和建议,以期实现贵州喀斯特地区农村经济的可持续发展。

(4)乌江中游石灰岩山地低效林改造试验示范区研究:是贵州省林业科学研究所陈康杰 1990 年主持完成的国家林业部项目。

以乌江流域森林资源清查数据库和500 km 200个实测样地资料为宏观控制对象，对试验示范区进行本底调查、成因分析，并运用森林生态经济学原理提出低效林概念。试验区面积313.8 hm^2，根据林况和土壤侵蚀现状采用流域对比、林分互比和自身对比随机试验方法，设计“封抚、封改、封造、农林间作”4个经营改造型、10个改造类型、13个低效林类型，分别采用“封抚补改造管”综合配套技术的相应措施。设置径流场、雨量点、固定样地，进行径流、泥沙和植被生长的动态观测。该研究试验效果显著，林木年生长量比同类森林增加16.5%，土壤侵蚀模数减少92.3%，试验区6口冬干水井全部淌水(最多的增加5.14倍)，已达国家规定的基本治理标准。研究成果在临近乡村已辐射推广7.67 km^2。

(5)喀斯特环境质量变异：是贵州省山地资源研究所杨汉奎1992年主持完成的国家自然科学基金项目。以茂兰喀斯特森林生态环境评价、水城工矿的水环境问题、猫跳河流域环境问题、土壤退化与农业环境变异这4个方面为主体，初步了解到中国南方喀斯特生境的垂直带谱特征。研究揭示出人与喀斯特之间是一个巨型的、非平衡开放的耗散结构系统。提出从资源开发到社会消费，是一个多消耗链网，3层能级的金字塔结构，人地之间有3种耦合模式。

(6)贵州山区水土流失影响因素综合评价研究：是贵州省科学技术协会朱安国1993年主持完成的原贵州省科学技术委员会项目。采用以流域为单元，提出了符合自然实际的结论，建立了各项单因素及综合因素与产沙量要素间的关系式，筛选出影响水土流失发生发展的数学模式。提出旱地垦殖率、人口密度、土壤类型与产沙模数成正比，其中以旱地垦殖率影响值最大；在减少产沙模数方面，以森林覆盖率效果为最好。以思南水文站多年实测结果检验，准确率高达99.1%，使大区域水土流失在缺乏水文资料的情况下可以做到准确的科学预测。

(7)乌江流域喀斯特石质山地植被恢复与造林技术:是原贵州农学院朱守谦1995年主持完成的“八五”国家科技攻关项目。解决了几个技术关键,即搞清了乌江流域喀斯特石质山地的环境特点,明确水分亏缺是影响造林成效的障碍因子。研制了立地分类及评价方法,进行困难程度评定和分区,提出了对策措施。制定了人工造林和植被自然恢复配套措施,按此实施成活率可达90%,植被恢复速度快、质量高。已在贵州省“珠防”、“长防”工程设计施工的近20个县中应用,面积逾1 333 km^2。试验区自然辐射效果优良。

(8)贵州喀斯特少数民族地区人地关系与区域开发:是贵州师范大学熊康宁1996年主持完成的国家自然科学基金项目。指出喀斯特少数民族地区人地关系失调并非仅仅是人均耕地、人均森林面积等数的表现,更重要的是表现在人的文化教育、意识观念等质的问题上;不同的喀斯特地域类型具有不同的人地关系结构与功能,由峰丛洼地→峰丛谷地→峰林谷地→峰林溶原过渡,具有现代开放气息的心理意识观念逐渐增强,经济条件逐渐好转;以喀斯特形态结构组合为背景指标,通过31个指标的选择及权重的确定,求得以县域为单元的生态环境脆弱度和农业生产效率类型,经综合评判划分开发治理的优化模式。

(9)喀斯特山区水土流失影响因素综合研究:贵州省科学技术协会朱安国于1994年通过组织贵州科学院、原贵州农学院、贵州省水利厅等部门科技人员对贵州喀斯特山区水土流失影响因素开展综合研究,以贵州境内17个站点的泥沙资源为控制基础,以河流输沙模数为因变量,以各影响因素为自变量,做逐步回归分析,建立了各影响因素的单因子及综合因素相关数学模型。

(10)贵州喀斯特山区发展种植业和养殖业的试验示范研究:是中国科学院地球化学研究所蒋九余1996年主持完成的国家“八五”攻关年度项目。先后选择建立了5个不同类型的试验示范点,

改造石灰岩荒山为土质的田土 13.3 hm^2，投入与产出比为 1∶2；运用珊瑚姜作为“植物篱”，使套种的传统“雨育作物”为“生态作物”，可因地制宜推广应用；筛选出喀斯特适生植物诸葛菜和高原甲鱼适生品种；总结出治理石灰岩地区土壤的“八种技术”，为脱贫致富注入新的科技内容，对喀斯特山区生态农业的发展和生态环境的治理有一定的积极推动作用。

(11)贵州喀斯特山区生态环境保护及改善恢复途径研究：贵州省山地资源研究所周际祚 1997 年主持、贵州师范大学参加完成的贵州省“八五”攻关项目。该研究对全省喀斯特生态环境类型进行了划分，建立了分类系统，编制了分布图，简评了各类型特征，完成了一次认识和整治生态环境应做的系统基础性工作；对喀斯特脆弱生态环境的生物多样性、异质性及敏感度进行了初步的定性定量分析和演变机制过程探讨，在一定程度上丰富了关于喀斯特地区生物多样性与环境关系的研究内容；把洞穴生态环境纳入地球表层喀斯特生态系统，进行了初步调查研究。提出了喀斯特环境保护、恢复、重建三模式，以及相应的可实现途径和调控措施。

(12)贵州生存环境恶劣的喀斯特地区环境移民典型研究：贵州师范大学熊康宁 1997 年主持完成的贵州省软科学研究项目。指出麻山腹地只适宜建造自然生态系统，不宜作为人类经济活动开垦地；落后的心理意识很可能会出现随着人口迁移将贫穷由一个地方带到另一个地方，甚至再带回原住地的“贫困迁移”现象；人口环境容量的系统动力学模型表明相对于非喀斯特地区来说，喀斯特地区人口超载现象十分严重，从动态趋势来看，超载程度在逐年减小，并趋向均衡状态。研究成果规划指导紫云 1996～1998 年的第一、第二期环境移民试点工作，指导完成 1999～2000 年的第三期环境移民试点规划工作。

(13)贵州喀斯特区城市地域结构演变及其环境效应：是贵州省山地资源研究所苏维词 1999 年主持完成的国家自然科学基金

项目。该研究建立了喀斯特城市可持续发展评价指标体系,并对贵州主要城市的可持续发展状况进行了定量评价和排序,具有理论意义和可操作性;对喀斯特城市景源(旅游资源)的开发利用与保护做了专题研究,对喀斯特城市地域的人居环境做了实证研究,填补了中国在喀斯特城市地域人居环境研究方面的不足;对喀斯特地区的生态环境脆弱性和敏感性进行了分级分类分区研究,计算出了不同城市不同县城的生态环境敏感度指数,提出了喀斯特地域脆弱环境的生态整治对策。

(14)碳酸盐岩与环境:是中国科学院环境地球化学国家重点实验室万国江结合国家自然科学基金、中国科学院科研项目和环境地球化学国家重点实验室课题于2000年主持完成的研究。提出碳酸盐岩区域环境演化在很大程度上是一个长期地质过程,其环境观测面临全球、区域和局地3个层次的任务;碳酸盐岩山区生态环境建设必须顺应其脆弱性特点,“上保—中治—下开发”、“城乡环境一体化建设”和“资源环境有效性”是碳酸盐岩区域环境建设的重要途径。

(15)喀斯特环境中土壤退化机理及恢复重建研究:是贵州师范大学杨胜天2000年主持完成的国家自然科学基金项目。该研究较准确确定了喀斯特环境中各种土壤类型的空间位置及其分布面积;建立了基于地学知识的土壤侵蚀信息自动提取模型,实际应用表明地学知识是揭示土壤侵蚀与土壤侵蚀影响因子间关系的一种有效途径;应用智能化遥感信息提取方法对贵阳地区1994年和1998年土壤侵蚀进行了监测试验,分析了土壤侵蚀影响因子的作用程度,在土壤侵蚀恶化信息分析基础上进行的土壤侵蚀危险程度评价对研究区的水土保持工作具有重要的意义。

(16)典型喀斯特石山脆弱生态环境治理与可持续发展示范研究:贵州师范大学杨明德2000年主持完成的国家重点科技项目(攻关)计划专题项目。针对喀斯特生态环境缺水、缺土、缺林的特

点,以蓄水、治土、造林为核心,把生物、工程、技术措施进行组装配套,以达到最佳的综合治理效果。通过示范找到了“猪—沼—椒(经果林)模式”,“山地立体生态经济治理模式”立体模式和相配套的14个组装配套技术生产模式;找到了一个在贫困石漠化山地改善生态环境、发展特色产业的顶坛模式。选择适宜的具有较大生态效益的同时,又具有较大的经济效益,以经济林草按照生态农业模式,建设经济林草(花椒、砂仁)和养殖对象(猪)为主要链环结构,以沼气为纽带的生态农业与绿色产业发展模式。

(17)贵州喀斯特石山生态脆弱区综合治理与脱贫示范研究:是中国科学院环境地球化学国家重点实验室王世杰2000年主持完成的国家重点科技项目(攻关)计划专题项目。以喀斯特适生林木树种为荒山绿化树种,综合治理喀斯特生态环境,建立了“诸葛菜+牛”模式开发基地。研究结论指出:诸葛菜、兰花子为优良饲料作物,具有优良的活化土壤中磷、钾的能力,与豆科绿肥间作(混作),一方面能提供较多的青饲料,另一方面还能为土壤提供平衡的氮、磷、钾素,并解决了“绿肥”种源和水土流失问题。

(18)喀斯特石漠化的遥感-GIS典型研究——以贵州省为例:是贵州师范大学熊康宁和贵州省水土保持监测站黎平于2000年共同主持完成的贵州省水利厅项目。该研究提出了喀斯特石漠化程度的6个判别等级;应用多时相、多波段、多平台的遥感数据,通过自编程序,在计算机上人机交互解译、GPS(全球卫星定位系统)定位和校正,建立石漠化数据库等分析模型,进行石漠化程度评价、GIS制图和分析,查明了贵州喀斯特石漠化的现状、分布和发展趋势等空间分布规律;在系统论思想的指导下,指出石漠化是在诸多因素的共同作用下发生的,喀斯特强烈发育是石漠化形成的母质基础,人类不合理的开发利用是导致石漠化的主要原因;将贵州全省、喀斯特区、喀斯特高原—峡谷区与喀斯特石漠化区的资源、环境与社会经济进行综合对比及相关分析,多视角地揭示了喀

斯特石漠化的生态－经济效应及贫困效应；在喀斯特地区治理水土流失、防治石漠化基本经验的基础上，提出石漠化防治治理的理论依据、技术支撑和保障体制。

(19)贵州喀斯特山区乡村地域类型与生态系统能量流分析计算：是贵州省山地资源研究所朱文孝 2000 年主持完成的国家自然科学基金项目。该研究构建了以地貌类型、水资源条件、开放程度及村寨规模为主的喀斯特山区乡村地域类型划分指标体系，划分出了 17 个不同的乡村地域类型；建立了乡村生态系统能量流计算模型，并对不同类型的乡村生态系统能量流进行计算，从而对其生态结构与功能的优劣有了定量认识；提出了适应喀斯特生态脆弱区地域特征的持续农业发展的原则、产业模式与战略对策。研究成果对喀斯特山区乡村地域类型的划分尚属首次，并提出了一套完整的切合喀斯特山区资源、生态系统特点的分类方法和指标体系，对喀斯特山区乡村可持续发展做了定量评判，进一步充实和完善了喀斯特山区乡村生态环境的研究内容。

(20)西南喀斯特山区可持续发展科技规划的研究编制：是贵州省山地资源研究所朱文孝 2001 年主持完成的国家“九五”科技攻关计划项目。针对生态环境日趋恶化的实际情况，提出了 2001～2015 年间以生态环境建设为核心的实施可持续发展的拟解决的西南喀斯特山区人口与经济及反贫困、土地资源利用与保护、水资源利用与保护、优势特色资源的合理开发利用技术与途径研究、石漠化及退化生态系统的恢复与重建、自然灾害灾情形成过程及防治、生态农业建设与产业结构优化、区域经济发展和经济结构优化调整、资源环境可持续发展动态监测预警及地理信息系统建设、典型类型区可持续发展试验示范等十大关键科技问题，以及“十五”期间急需推进的喀斯特山区石漠化过程与调控研究、石漠化综合治理与可持续发展的关键技术、生态型支柱产业培植与典型区域可持续发展试验示范等 3 个科技重大项目。

二、具有中国特色的治理工程初见成效

贵州喀斯特生态环境，与国外如地中海沿岸、北美国家的喀斯特山区相比，脆弱性特征是基本相同的，经济发展水平都是相对不发达地区。但是，贵州对喀斯特生态环境进行大规模的综合治理，同时追求经济、社会、生态三大效益的统一，这在世界上是罕见的，这种行动可以说是人类改造自然的壮举，也是如何提高脆弱喀斯特生态环境容量的巨型试验，因此它明显地具有中国特色。

第一，国外（如地中海沿岸、北美国家）喀斯特山区的生态现状是良好的，目前不存在治理问题，而贵州的喀斯特生态环境已受到严重破坏，威胁着人民的生存和发展，必须治理。其原因是这些国家的喀斯特山区，农业人口稀少，如前南斯拉夫的喀斯特山区，农业人口密度约为 30 人/km^2，人口对土地的压力小，传统的土地经营方式是种草、种树，仅在一些大的洼地中种植粮食作物，一些石山、半石山任其自然存在；农业经营以畜牧为主，肉、奶是他们的主食；另外就是利用喀斯特自然资源风光发展旅游业。这种利用方式一般不会产生水土流失。由于先工业化优势，农业人口大量向城市和二、三产业转移，社会经济发展较快，公众的生态意识增强，加之法制完善，破坏生态环境的行为已成为过去。恩格斯描述的美索不达米亚、小亚细亚的毁林种地、生态破坏的事例就已经过去百余年了。回顾他们走过的路，是一条“先破坏后救治”的道路，但现在的生态环境是好的。而贵州却不同，农业人口密度超过 184.51 人/km^2，生存的基本需求对土地压力大，生态环境已受到严重破坏，威胁着人们现在和子孙后代的生存和发展，必须进行大规模的综合治理，提高土地生产力，满足众多人口的需求和发展，必须考虑经济效益。

第二，面临的主要生态环境问题不同。西方国家主要的环境

问题是污染，并在经济富裕的条件下治理污染，走的是一条"先污染后治理"的道路。这些国家由初期工业化走向高度工业化、城市化和强烈的集约型石油农业，产生的环境问题是严重的污染破坏，而不是生态破坏，并在社会和公众压力下，从 20 世纪 60 年代开始进行大规模治理。这个时期，它们的人均 GDP 已超过 4 000 美元，科学技术也很发达，从治理效果来看，应该说是很好的，同时也付出了昂贵的代价。贵州的生态环境问题是污染和生态破坏"并发症"，由于农业人口比重大，目前的生态破坏比污染问题更严重。在治理策略上，我们又要避免"先破坏后救治"、"先污染后治理"，走发展与环境保护相协调的新路。

第三，生态工程的差异。西方发达国家的生态环境工程目标是解决污染问题。西方许多科技工作者和决策者，经过近半个世纪的不懈努力，采用物理、化学原理为主的环保工艺，探索治理污染的途径和方法，想要达到无污染物的零排放目标，其实施结果仅在局部环境保护方面取得成效，由于人力、物力和财力的限制，难以全面实现零排放。为此，一些科学家运用生物工程的某些原理和生态系统的功能达到治理污染的目的，从而产生了西方的生态工程，其成果应用在污水治理方面。在农业生态方面，是以具体农牧场实践为主，对有机农业、持续农业、替代农业等内容进行了调查研究。总的来说，西方生态环境工程的价值观是自然资源保护和自然景观的美化，无市场价值，偶尔兼顾经济效益，一般是少或无直接经济效益，环境工程是治理污染。贵州喀斯特生态环境工程，要解决的是生态环境破坏和环境污染"并发症"，其对象是社会、经济、自然复合生态系统，不但要保护生态环境和资源，更迫切的是开发有限资源，高产低耗、优质高效地生产出更丰富的产品和商品，以供应日益增多的人口，同时取得生态、社会、经济三大效益的协调发展。

(一)生态环境治理成效显著

国家在20世纪80年代把生态环境保护作为中国的基本国策,贵州提出了“人口—粮食—生态”、“人口—资源—生态环境”协调发展的基本思路。1990年贵州省人民政府做出了《关于十年绿化贵州的决定》,在国家的支持下,在全省各级政府的领导下,调动广大群众的积极性,依托骨干工程(图6-1、图6-2),开始了规模较大的生态环境治理,使贵州的生态环境建设进入了一个新的发展阶段。

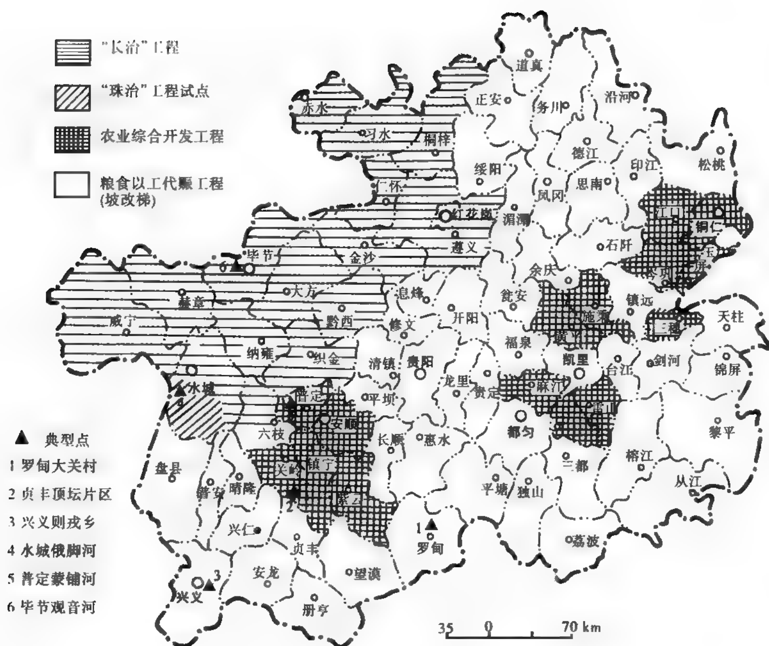


图6-1 贵州生态环境治理骨干建设工程分布图

在国家的支持下,先后实施的工程项目有:长江上游防护林工程(长防),珠江上游防护林工程(珠防),长江上游水土保持重点防

治区工程(长治),珠江上游水土保持重点防治区工程(珠治),毕节"开发扶贫,生态建设示范区"工程,中国3356造林工程,世界银行贷款的国家造林项目、森林资源发展和保护项目,贵州山区农业综合开发工程,世界粮食计划署和国际农业发展基金的3146、3156、5181、2FAD项目,粮食以工代赈坡改梯工程等,不断加大山、水、林、田、路综合治理力度。在实施中通过项目集成与叠加,注重先进适用技术的应用,生态环境建设取得显著的成绩,治理区生态环境恶化趋势得到了根本的扭转,全省生态环境状况有较大的改善。

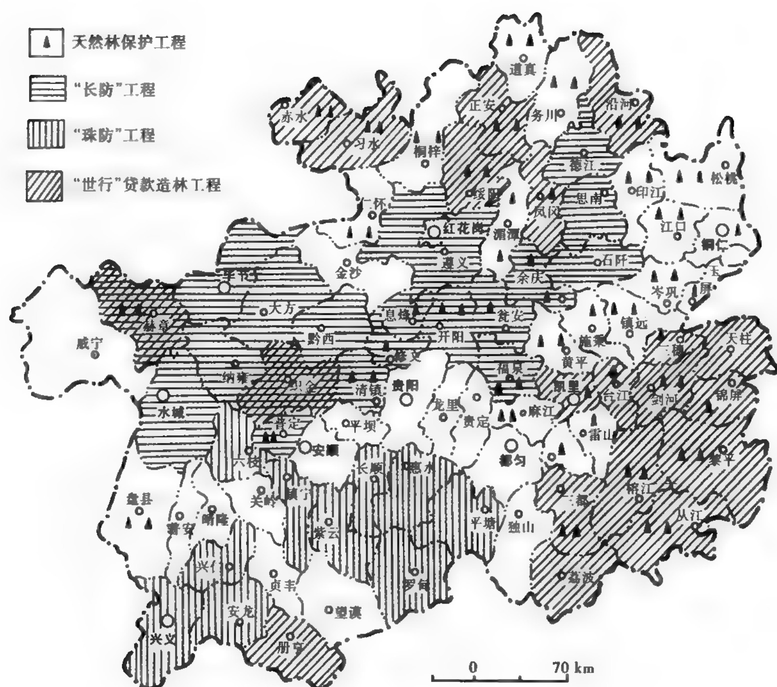


图6-2　贵州林业建设骨干建设工程分布图(据贵州省林业厅资料编绘)

在水土流失治理方面,到1997年全省累计综合治理水土流失面积1.56万km^2,其中"长治"工程和"珠治"试点工程,以小流域

为单元,建设坡面防护体系、沟道防护体系和基本农田防护体系,治理面积达 4 020 km^2,涉及 16 个县(市)。坡改梯面积 38.06 万 hm^2,改造中低产田 16.7 万 hm^2,治理区土壤减蚀率达 75%～80%,养分增长 60%～70%。1998 年全省水土流失治理面积上升到 2.15 万 km^2。1998 年石漠化土地治理面积 1 869 hm^2。

到2000 年"长治"工程已完成水土流失治理面积 7 576.4 km^2,其中完成坡改梯 554.7 km^2,营造水土保持林 1 870.7 km^2,栽种经果林 866 km^2,种草 462 km^2,封禁治理 2 015.3 km^2,实施农业保土耕种措施 1 811.3 km^2,兴修塘堰 156 座,修建谷坊 1 688 座、蓄水池 2 365 口、水平沟 782.2 km,投资了 20 600.1 万元,开挖土石方 16 037.1 万 m^3,总投工已达 16 078.3 万个。

2001 年新增、改善、恢复农田灌溉面积 5.318 万 hm^2,累计有效灌溉面积达 6 627.7 km^2,保证灌溉面积 5 382.5 km^2,解决了 1 191.54万农村人口饮水困难问题。

2000 年累计建成了不同类型、不同级别的保护区 127 个,总面积 134.001 8 万 hm^2,约占全省国土面积的 7.61%,生物多样性保护得到一定的改善。由于生态环境建设与经济建设结合,促进了喀斯特山区社会经济的发展。

在恢复林灌草植被方面,到 1995 年共植树造林 440.97 万 hm^2,其中人工造林 223.83 万 hm^2,飞机播种造林 33.6 万 hm^2,封山育林 173.5 万 hm^2。人工种草 10.04 万 hm^2。森林从 1985 年前的下降趋势转向森林面积、蓄积、覆盖率三者同步增长,森林覆盖率由 12.6% 上升到 20.85%(郁闭度＞0.2),林灌覆盖率由 16.4%上升到 25.83%;林灌覆盖率大于 30% 的县(市)由 9 个增加到 52 个(图 6-3),小于 10% 的县(市)由 15 个减少到 1 个(普安),活立木蓄积量由 1 348 万 m^3 增长到 1 694 万 m^3。到 1996 年已有 42 个县绿化达标。到 1998 年,全省有林地面积增加到 451.87 万 hm^2,森林蓄积达到 2 亿 m^3 以上,有林地覆盖率上升到

25.06%。森林蓄积继续同步增长,森林资源年均生长量为 1 497 万 km^3,总消耗量降至 1 042 万 km^3,经济林面积扩大到 80 万 hm^2。到 2001 年全省造林面积达 2 406.93 km^2,森林面积增加到 5.43 万 km^2,活立木总蓄积达到 2.1 亿 m^3,森林覆盖率上升到 30.83%。

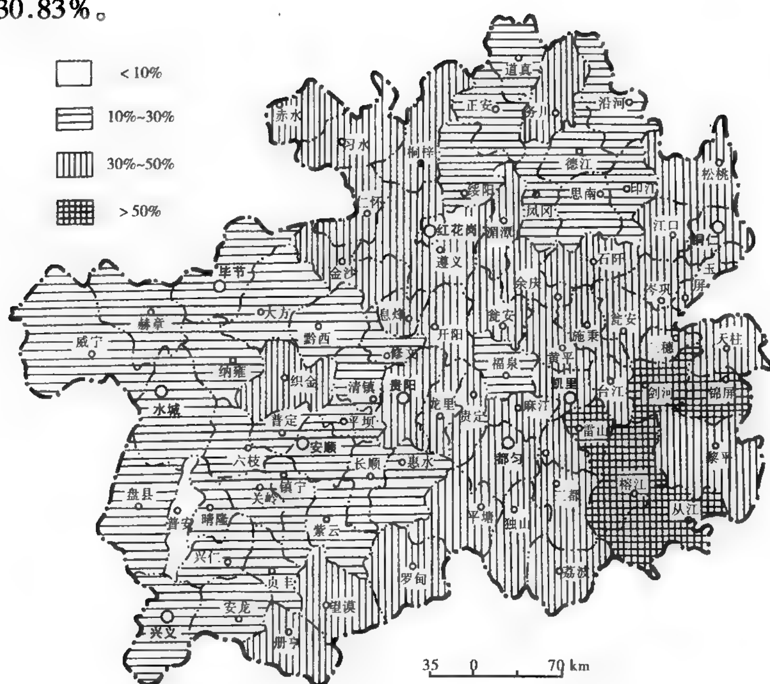


图 6-3　贵州省各县(市) 1995 年林灌覆盖率分布(据贵州省林业厅资料)

(二)污染防治取得进展

环境污染主要来自于工业"三废"。20 世纪 80 年代以来,逐渐加大了环境保护和管理的力度,推进环境保护目标责任制,对工业污染防治坚持"预防为主,防治结合"的方针和"谁污染,谁治理"的原则,结合产业结构、能源结构调整和技术工艺改造,污染治理

取得了明显的进展:1997 年贵州全省废气处理率上升到 61.2%;降水酸雨率有所下降,贵阳由 1990 年的 84%下降到 1997 年的 34%;工业废水排放量下降,1997 年与 1985 年相比,全省工业废水总排放量从 45 265 万 t 降至 29 200 万 t,处理率由 36.5%上升到 72.1%,达标率由 31.5%上升到 36.5%;工业固体废物综合利用率由 12.07%提高到 26.7%,处理率由 22.01%提高到 41.9%;"十五小"企业关停、取缔工作取得阶段性成果,"小炼焦"和"小炼锌"改造示范工作顺利进行。

(三)生态环境目前的态势是局部好转、总体恶化

虽然治理生态环境取得了显著成效,但由于发展与治理的矛盾较为突出,治理投入力度不足,加之边治理边破坏的现象时有发生,因此现阶段治理虽使重点治理区的生态环境有了好转,而总体恶化趋势还没有遏制住。除森林恢复进入良性状态外,诸如水土流失面积还在扩大,石漠化速度加快,耕地面积进一步减少,自然灾害频度加快。环境污染虽有减轻,但一些指标仍在超标范围,因此急需加大投入和治理力度,弥补过去造成的赤字,为可持续发展奠定良好的基础。

(四)积累了一定的生态环境保护和建设的科技储备

贵州省内外的生产、教学、科研、管理等有关部门,在贵州生态、环境、资源和社会发展方面,开展了大量的研究工作,仅 1980 年以后获省级科技奖的项目就多达 200 余项。毫无疑问,这些科技成果对贵州生态环境保护和建设起了先导和支撑作用,主要表现在三个方面:

第一,为生态环境保护和建设提供了科学依据和科技积累。从 20 世纪 60 年代起,对喀斯特的形成演化、分布与发育规律、喀斯特环境脆弱性、生态环境类型划分以及喀斯特环境对社会经济

发展的影响等一系列研究，使人们对喀斯特环境的认识越来越深刻，为喀斯特地区生态保护与建设应采取的对策、措施提供了依据。对贵州自然保护区的综合考察，为自然保护区的建设和资源管理提供了科学依据。

第二，积累了一定的生态环境保护和建设的技术储备。在应用技术方面，已积累了喀斯特石山植被恢复与造林技术，经果林木速生丰产技术；建成了一些规模化育苗基地，还有部分中药材和食用菌栽培技术；雨水和喀斯特表层水开发利用技术节水灌溉技术，以良种、良法为龙头的农业适用组装技术；旱坡地水土流失综合治理技术，以及畜牧业中的科学养殖配套技术等等。这些技术将对生态建设起到一定的技术支撑作用。

第三，研究与示范工程项目起示范推动作用。全省已有乡级生态农业试点 20 多个、县级 1 个，无疑将促进和推动生态农业的发展步伐。在生态环境治理与可持续发展方面，已有毕节“扶贫开发，生态建设”试验区，还有国家科技部在贵州的“典型喀斯特生态环境治理与可持续发展”示范项目，水利部“长治”工程实施的小流域生态环境综合治理“精品工程”，以及贵州省科技厅在 1996～1998 年组织实施的 4 个“百万亩示范工程”等。

三、喀斯特地区开发、保护与治理的经验及模式

经过近十年的喀斯特生态环境治理与开发，在生态建设与区域可持续发展或乡村可持续发展，以及生态环境治理技术方面，探索出了一些比较成功的途径和模式，积累了许多经验，虽然这些治理途径和模式还不完善，可持续发展也处于较低水平(可持续生存阶段)，但从治理结果来看，对今后的生态环境建设有一定的借鉴意义。

(一)喀斯特脆弱生态环境综合治理模式

贵州喀斯特峰丛洼地地区和峡谷谷坡地带,是最典型的裸露型喀斯特山地,大于25°坡地面积大于60%,裸岩率平均大于60%,各洼地变化多在30%~85%之间,旱耕地面积占耕地面积的85%以上,旱土分布零碎,地块多为50~150 m^2,最小的仅数平方米,宜农耕地比重小于6%,洼地密度可达4~6个/km^2,降水迅速渗漏地下,地表干旱缺水。虽然这类地区人口密度不算太大,约100人/km^2左右,但由于水、土资源极度短缺,人口仍然超过土地承载力的3倍左右。在人口压力下,毁林、毁草开垦不宜耕种的石山,生态已极度退化,现在已无成片森林,农民生活贫困,连人畜饮水都极为困难。因此,必须进行综合治理。

1.多学科联合攻关、研究与示范相结合

喀斯特生态环境综合治理与发展,是一项庞大的系统工程,涉及的学科多,必须要采取多学科、多兵种联合攻关,分工合作,发挥各学科优势。同时,在综合治理中,要重视基础理论的研究对具体治理的科学技术方法、措施的指导。在一个大的、综合性研究项目中,有针对性的基础理论性研究,不仅不是可有可无的,相反是必不可少的,它不仅能增加研究项目的科技含量和水平,而且能更加准确、有效地提高实施科学技术方法、措施及其效益的作用。

在示范实施性很强的生态环境综合治理中,容易忽视基础理论的调查研究。其实,大量的实践证明,密切联系生态环境综合治理中的应用基础理论研究越深入,甚至做到定量的分析,就越能准确有效地实施科学工程技术措施,从而取得最佳的效果。只有在认识生态环境退变演变的主控因素、演变机制过程和速率的基础上,才可能找到应采取何种措施、通过何种途径有效地治理、恢复、重建生态环境。

在解决干旱缺水问题中,由于对喀斯特表层水(皮下水)的较

深入研究，指导了通过开发利用表层水，用水池、水窖蓄水，并用管网相连，从而形成有一定调节能力的微型水利工程系统，解决了一些地区其他水资源(如位置很低的河水，埋藏很深的地下水)难以利用，而充分利用皮下水解决人畜饮水和节水农业灌溉的问题。

在改土培肥科技措施的土壤基础理论研究中，由于揭示了花江峡谷区土壤干、薄、瘦、粘、碱和土表结壳特性，从而找出了导致作物低产、易受灾减产，以及杂交玉米低产和难以推广的基本原因。在此基础上指导了改良和培肥的新措施，改选适宜的新杂交玉米品种和栽培方法，从而使作物增产、良种良法推广获得明显效果。

生态经济的研究，是因地制宜地制定生态环境治理具体措施和途径，调整产业结构，最终达到生态、经济、社会和谐发展的理论依据和前提。

2.把生物、工程、技术措施进行组装配套

在生态环境治理中，针对喀斯特生态环境三缺(缺水、缺土、缺林)的基本特点，以蓄水、治土、造林为核心，把生物、工程、技术措施进行组装配套，方能达到最佳的综合治理效果。

在恢复、改造石山坡地的生态环境中，不只是进行单项的坡改梯工程，而且与生物梯埂相配合。在砌石埂内，再种植可作为饲料或有经济价值的草、果(树)林，同时把防止强烈土壤流失与沟谷侵蚀的拦沙谷坊相配合，把坡地干旱缺水生境的改变，与充分利用坡面雨水径流和喀斯特表层水(皮下水)相结合的水池、水窖工程措施相结合，并尽可能地把水池、水窖用水管串连，形成池管联系的微型水利系统，从而达到既能防止水土流失作用，又能解决干旱时节水农业的灌溉用水。并且，在梯化的坡地上再次进行改土培肥、改良作物品种，与提高土地的产出率相结合，从而达到科技措施组装配套的综合治理效果。

其次，把生态环境的改善治理，与庭园经济、社区环境、提高生

活质量相结合，建立起“猪－沼（气）－椒（经果林）”的生态经济模式，在促进生态恢复的同时，发展沼气，以气代柴解决能源，减少林、灌、草的砍伐。而且，在改造猪舍解决沼气原料的同时，也改善了居住区的卫生条件，且因沼气废液、废渣又是种植花椒、果木经济林以及粮食的重要有机肥，可促进、提高椒、粮的质量和产量，强化经济活力。植被的逐渐恢复，又使生态环境得到改善，并能更有利于增加健康的生活、生产（灌溉）用水池、水窖的水量。同时，经济的增收，又促进了生活质量和文化水平的提高，并向新的农村文明社区发展。

3.综合治理与可持续发展相结合

喀斯特脆弱生态环境的有效综合治理并走向可持续发展，必须与控制人口增长、落后的农业生产模式的改变和产业结构的合理调整相结合，才能真正发挥实效。

生态环境恶化的重要原因，就是由于原本脆弱的生态环境，因人口的迅猛增长，并为了维持最低的生存条件而不顾牺牲环境开发利用资源而产生的。在经济落后、人民贫困的状态下，由于陷入“越生越穷，越穷越生”的恶性人口循环，更加促进了对生态环境的破坏。因此，采取任何改善治理生态环境的措施，都难以在超常的环境人口负荷和土地承载力中获得短期或长期的治理效益。亦即今日花大力气治理环境所产生的效果，会因明日人口的快速增长被迫产生的生态破坏所抵消。所以，许多生态环境保护性好、治理有效性高、经济增长最快的地区，正好是那些计划生育执行最好，控制人口增长最好的地区。花江示范区的报公寨村不仅是计划生育和控制人口增长（$5/10^3$ 以下）的模范村，而且也是生态环境治理保护成效最显著的村，是很快脱贫并奔入小康的典型。因此，脆弱生态环境的治理与保护，必须与控制人口同时进行才能有效。

生态环境的改善与治理成效的好坏，还与农业生产方式密切相关。由于在生产落后、经济贫困的脆弱喀斯特山区，基本上是采

取不断扩大耕地(包括开垦那些不宜耕作的林地、草地)广种薄收，以增加农业的产量的方式进行的，而这种旧的传统的利用土地资源的粗放农业生产方式，却正是造成森林植被破坏和减少、水土流失加速、土地日趋退化贫瘠甚至石漠化的重要原因。所谓“越垦越穷，越穷越垦”正是这种“掠夺式”土地利用的又一恶性循环。因此，要有效地改善、治理生态环境，就必须从源头抓起，改变这种落后的、破坏生态环境的生产方式才能奏效。

改善治理生态环境还必须与产业结构调整相结合。由于生态脆弱的喀斯特山区往往是以生产粮食的种植业为主，产业结构单一，经济效益低下，是在某种程度上才能解决温饱的一种农业产业结构。而喀斯特山地，一般又耕地少、质量差、耕地零星分散，不适宜粮食规模集约化大生产，因而总体产量低、品质差、经济效益低，能够扩大农业再生产的积累少。而只有增加积累才能扩大生产规模，所以这种单一的农业产业结构又恰恰构成了资源利用上的劣势，阻碍了山区资源多样性和异质性优势条件的发挥。因此，在改善治理生态环境的同时，必须因地制宜地调整不合理的产业结构。只有单一的产业结构改变了，才能改变土地利用效率，提高产业的经济活力和积累，扩大再生产，保证生态环境治理、改善的科学技术措施的有效实施。如在花江重点示范区，把原单一的传统耕作技术的粮食生产种植业改为混农林业结构“花椒(砂仁)－玉米生产模式”。花椒既是改善生态环境、防止水土流失、提高植被(林灌)覆盖率的速生植物(一般 3 年即可初步郁闭成林)，又是提高经济效益的经济林木，且可在不宜耕垦的石旮旯土中生长。而对减少了耕地面积的旱作玉米地则可实行工程、生物相结合的梯土化，改土培肥，改良品种，提高单产的科技投入，走内涵扩大再生产道路，同时促进养殖业(养猪、养鸡，以及特种养殖如竹鼠等)的发展，以提高经济收入。示范区的顶坛片区，种植花椒年产值达 100 万元，人均收入达 200 元，而一些“小康”户，年均户收入达 5～6 万

元。这种治理生态环境与产业结构调整相结合的方式,由于能在短期内取得生态、经济和社会效益而深受农户欢迎。

4.采取“政府+专家+农户”的动作方式

喀斯特脆弱生态环境地区的综合治理和可持续发展,这种综合性很强、示范实施性也很强的重大科技项目,在实施的组织形式上,采取“政府+专家+农户”的运作方式能够取得最好的效果。

只有当地政府参与项目的实施,才能把项目的实现纳入当地的发展规划和年度工作计划中,而且项目中一些内容的实施还必须通过行政的渠道和手段才能达到。例如人口控制、计划生育,课题组及专家是不可能独立操作的。产业结构的调整,也必须取得政府的认同,并作为其自身经济发展的具体内容之一而主动执行。课题实施项目中有些是要与当地正在实施和将要计划实施的国家、省、地、县相关项目联合、协调,甚至捆绑在一起共同进行,都只能由政府来操作、安排才能实现。

专家由于往往是整个研究实施项目中的骨干成员,在项目实施动作中居主导地位。项目研究实施内容的设计、实施的技术路线和方法、制定具体操作的科学技术组装配套,以及科学性、先进性和可行性甚至项目成败的关键都决定于专家,所以专家是项目实施运作的核心。

农户由于是项目的最终具体措施实施者和受益者,所以又是这一运作形式中的关键。效益的好坏与农户的实施积极性,以及操作的规范性和质量都有密切的关系,这一运作形式可以调动农户的积极性和主动性。

由于这一运作形式把综合性和实施性很强的科技项目中的关键性环节组合在一起,发挥运作链的协同作用,所以能使项目的实施达到很好的效益。花江示范区之所以取得较成功的经验和效益,也与项目实施中采取“政府+专家+农户”的运作形式分不开。或许在一个生态环境脆弱、市场经济很不发达的地区,治理生态环

境、促进经济持续发展，这是一种最切合实际的运作形式。

5.模式应用及典型案例分析

喀斯特石漠化和半石漠化山地采取还林退耕，通过以经济林为主的坡面生态重建，实现消除贫困、恢复生态，达到农村经济发展与生态环境相协调。这种实例不多，以贞丰北盘江镇顶坛片区较为典型，故称"顶坛"模式。基本技术模式可概括为：优质高效经济林(经济作物)+林产品粗加工+庭院经济+小水窖。实施步骤是根据坡面垂直分带特征，在山腰种植优质高效经济林为突破口，以林产品换钱，解决农民的口粮不足问题和增加农民的收入，同时修建小水窖解决人畜饮水问题。同时，发展其他经济作物，并对山坡上部进行封山育林，发展以沼气为主的"猪—沼—椒(经果林)"生态循环的庭院经济。

贞丰北盘江镇顶坛片区位于北盘江喀斯特大峡谷南岸，是一片石漠化和半石漠化的大斜坡，行政区划包括查尔岩、云洞湾、板围和水淹坝4个村，面积28.68 km^2，喀斯特分布面积100%，地形相对高差600 m以上，平地占2%，山地占98%，大于25°的面积占87%。耕地资源短缺，且缺水干旱。全片区仅有望天田1.6 hm^2，人均0.12 hm^2 耕地中，适宜耕地仅为0.02 hm^2 亩，其余为土质较差的石旮旯地，最大的耕地地块面积约为0.067 hm^2 左右，玉米平均单产1 800 kg/hm^2。非耕地面积占片区总面积的87.7%，其中难以利用的裸岩石山占56%。由于人口增长过快和耕地产出率低，尖锐的人地矛盾和不合理的土地利用，已使生态环境严重破坏，林灌覆盖率小于3%，水土流失几乎近于无土可流的程度，土壤仅存于喀斯特溶隙和小洼地中，遍地裸岩，已是一片石漠化和半石漠化的土地。20世纪90年代前，在没有基本农田建设的情况下，长期以种植业为主发展粮食生产，不仅造成了生态环境的破坏，农村经济一直处于"越穷越垦，越垦越穷"的困境中，20世纪80年代的10年间，贞丰顶坛片区有29户农户，由于无法在石漠化土

地上生产粮食,不得不举家迁移到外地落户谋生。1991年顶坛片区人均粮食110 kg,人均收入60元,生活处于极度贫困状态。

1993年在贞丰北盘江镇党委、政府的扶持和策划下,顶坛片区选择了以生态建设与农村经济发展相结合的治理途径,以种植含油量高、味麻、耐旱、耐瘠的优质花椒为突破口,在石旮旯耕地中的溶蚀沟、槽、缝、坑等小生境处种植花椒,前期与玉米套种,等花椒成林郁闭,则全部退耕。并在政府引导下,逐步实现规模化和产业化。

1997年,在科技部门的帮助下进行了进一步规划:①适宜耕地推广杂交玉米及其丰产栽培技术。②还林退耕与生态重建,即在海拔900 m以下,规模化种植花椒、砂仁,推广花椒育苗、丰产栽培技术,培育花椒"基地建设—丰产栽培—产品加工"产业生产体系;海拔900 m以上,规模化种植薄壳核桃、板栗、金银花;大于30°的喀斯特石山进行封山育林,补植椿树和金银花。③推广"猪—沼气—肥"生物循环,种植石榴等优质水果,发展庭院经济。④采取房顶集雨水,开发喀斯特上层水,修建水窖、水池,解决人畜饮水和经济林苗灌溉。

2000年,植被(林灌)覆盖率由原来的14.1%增加到32%。实施走微型水利化的道路,以解决人畜饮水及节水农业的生产途径。在顶坛片区修建水池(窖)9个,可蓄水16 860 m^3。并试验了利用池(窖)水的喷灌技术,建立了以花椒为龙头的生态农业"猪—沼—椒(经果林)"生产模式。花椒发展到913.3 hm^2,产量达6万kg,产值达180万元,并树立了16个示范户,很好地起到示范推广作用。发展经果林方面:封山育林1 010.6 hm^2;示范种植核桃9 hm^2,砂仁13.3 hm^2,石榴、枇杷、李5.3 hm^2,桃3.3 hm^2(8 000株),成活部分2002年已挂果;水土流失减轻面积达1 333.3 hm^2(约63%的水土流失面积减轻)。社会经济效益方面,人口自然增长率平均降到2.16/10^3(2000年);人均粮食平均每人增加17.5

kg;人均总收入达到 1 335 元/人,核心示范村人均达 2 000 元/人,"猪—沼—椒(经果林)"生态农业示范户达人均 3 200 元,富裕户达 4~5 万元/户;培训农民实用农业技术 1 800 余人次,提高了农民的科学技术文化素质。

(二)喀斯特小流域综合治理模式

喀斯特小流域综合治理模式在科学地阐明喀斯特地区的自然、社会经济、生态环境耦合系统的结构功能及效应的基础上,运用系统论的思想来研究和协调喀斯特地区的人地关系;通过一系列组装配套的科学技术,以水土保持为核心、以产业结构调整与石漠化综合防治为基础、以小流域综合治理为前提,提出具有喀斯特地区特色的预防、治理生态环境的理论模式、技术支撑与保障体制。

喀斯特山地的流域是一个最基本的地域单元或地域系统。流域作为一个整体,系统内包括有森林、草地、农田、村落、城镇、工厂等子系统,这些系统是相互联系、相互制约的。仅从某一个体、种群或群落的角度去进行恢复和重建,而不考虑山地各子系统之间的联系,难以从根本上达到恢复和重建的目的。

以小流域为单元进行治理更符合水土流失的自然规律,有利于防护体系的合理配量和水土资源的合理开发利用,有利于山地经济生态景观设计,建设符合山区特点的农、林、牧复合农业生产体系,便于与江河治理相衔接。其治理模式可归纳为"一个规划、两个体系建设",即全面规划、合理布局,综合防护体系和复合农业生产体系建设(图 6-4)。

在规划指导下,结合小流域内的农业经济发展特点,因地制宜设计山地经济生态景观,采取以坡改梯为重点的工程措施、生物措施、农艺措施,对全流域山、水、林、田、路进行综合治理。建设综合防护体系和复合农业生体系,逐步实现生态、经济、社会三大效益

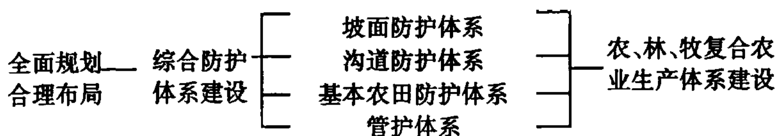


图 6-4 喀斯特小流域综合治理模式

协调发展,为可持续发展奠定基础。

1. 全面规划、合理布局

一个好的规划设计是治理工作的基础。小流域治理规划是以本地自然社会经济状况为依据,在保护现有植被的前提下,调整土地利用结构,设计山地经济景观,以提高土地利用效率为中心,与农、林、牧复合农业生产体系建设相结合,加快脱贫致富的步伐,因害设防,布局综合防护体系建设工程,对全流域进行了系统的规划。

2. 综合防护体系建设

(1)坡面防护体系的建设。在大于25°的耕地上,建设经济型防护林体系。对中轻度水土流失地区和灌丛草地实施禁封治理,面积达0.26万hm^2,宜林荒山营造以华山松、刺槐为主的水土保持林。大于35°的退耕林地上营造松、杉混交林,面积约为0.47万hm^2。在25°~35°退耕地上,立地条件差的地段发展杜仲、漆树、蚕桑等经济林,立地条件好的地段和房前屋后,发展优质梨、核桃、苹果等经果林,已建设果、林场3个,面积为0.13万hm^2。

(2)基本农田防护体系建设。重点放在坡耕地改造上。对10°~25°旱坡耕地,采用砌石梗坡改梯,对坡面进行梯化,并与坡面水系相结合,建成高标准基本农田。10°以下旱坡耕地,采用横坡聚垄免耕、地膜覆盖等农艺措施。已完成坡改梯面积为787hm^2,农艺措施已全面推广。

(3)沟、道防护体系建设。结合坡改梯工程,修建拦山沟、排水

沟和小水池等工程治理坡面水系。对冲沟河道,本着自上而下,先支后干,截、排结合,因害设防,布置谷坊、沉沙池、河岸护堤和引水工程等,形成拦沙、排洪、灌溉一体化的防护体系。已修建了谷坊17座,沉沙池4个,蓄水池7个,灌溉沟渠6.02 km,灌田200 hm^2以上,维修河堤8.64 km。

(4)管护体系建设。管护是治理成效的重要保证。管护体系包括管护机构、制度和技术服务内容。在治理期间,建立了流域管护机构,竣工后以协议形式移交乡镇流域管护机构,拟定管护制度,落实管护人员及其责、权、利,由政府任命水土保持监测站和乡、村的专(兼)职督察员负责监督管理,水保站负责技术服务。

3.农、林、牧复合农业生产体系建设

突出"科技兴农",土地利用与先进适用技术相结合,建设农、林、牧生产体系。通过这些体系的建设,加快了脱贫致富的步伐,促进了流域经济社会的发展。

"基本农田+适用技术+产品粗加工",形成粮、经作物生产体系。即水田推行杂交水稻,两段育秧,绿肥下田,稻、油轮作;旱地推行杂交玉米,绿肥聚垄免耕,地膜覆盖,育苗定向移植,玉米、土豆套种轮作,小麦、烤烟套种轮作等适用组装技术。

推广秸秆氨化和微贮饲料、种草养畜、科学养殖配套技术,发展畜牧生产体系。

推广优质沙梨、薄壳核桃、猕猴桃品种及其栽培管理技术,建成果园场3个,形成经、果林生产体系。

4.模式应用及典型案例分析

1983年,普定蒙铺河小流域被列为水利部长江流域石灰岩强度流失区试点。在长江流域规划办公室的支持和指导下,贵州省水土保持办公室、贵州省农业区划办公室组成了一支区划成果实施队伍开进了蒙铺河小流域,与基层干部和群众一起,制定了治山、治水、改土、发展多种经济的综合治理方案,走区划－规划－实

施的道路，采取区划、水保、能源一齐抓的治理方法，开展了以水土保持为核心的综合治理试点工作。

1988 年，经国务院批准将长江上游列为全国水土保持重点防治区（简称"长治"工程）。1989 年，毕节的威宁、赫章、毕节、大方等 4 个县作为第一批"长治"重点治理县投入治理。之后，"长治"工程在贵州全省的实施范围逐步扩大。目前毕节的全部 8 个县、遵义 5 个县、六盘水 2 个县共 15 个县（市）已列入了"长治"县，国家每年扶持资金达到 2 000 多万元。

"长治"工程的实施采取以小流域为单元综合治理的技术线路，因地制宜，因害设防。全省到 2000 年"长治"工程已完成水土流失治理面积 7 576.4 km^2，其中完成坡改梯 554.7 km^2，营造水土保持林 1 870.7 km^2，栽种经果林 866 km^2，种草 462 km^2，封禁治理 2 015.3 km^3，实施农业保土耕种措施 1 811.3 km^2，兴修塘堰 156 座，修建谷坊 1 688 座、蓄水池 2 365 口、水平沟 782.2 km，投资了 20 600.1 万元，开挖土石方 16 037.1 万 m^3，总投工已达 16 078.3 万个。

在生态效益方面，每年拦蓄泥沙 1 523 万 t，拦蓄径流 11.7 亿 m^3，经过治理后的地方实现了"土不下山、水不乱流"，缓解了洪涝灾害的危害。15 个重点防治县（市）治理区内的植被覆盖率平均上升 15 个百分点，从而使蓄水保土能力大大增强，减少了泥沙对塘、库和河道的淤积，延长了水利工程的使用寿命，有效地避免了坝区良田好土被水打沙壅的现象，防洪减灾效益十分显著。

经济效益方面，重点治理的 15 个县（市）治理区的粮食总产量 1997 年达 343 万 t，比 1989 年的 242 万 t 增加了 101 万 t，增长了 41.7%，平均每年增加 14.4 万 t，农民人均纯收入由原来的 380 元增加到 850 元，增长率为 124%。从已治理的小流域来看，治理的成功率很高，出现了一批"精品工程"。

1)普定蒙铺河小流域

普定蒙铺河小流域面积69.43 km^2,喀斯特面积占流域面积的85%。流域内山丘纵横,山高坡陡,河谷深切,喀斯特全面发育。按照“区划—规划—计划—实施—监测—信息”的基本顺序进行,综合运用生物措施、工程措施、耕作措施,进行山、水、林、田、路综合治理。

经过1983～1988年5年的治理,治理程度达75.5%。林草覆盖已由治理前的22.17%上升到55.4%,提高了33.23%。泥沙流失量治理前216 388 t/a,减少至9 075 t/a,流石量减少了72.7%。粮食产量已由1982年的224.95 t增加到473.2 t,提高了110.36%,经济总收入由104万元提高到354.68万元。经过治理,初步形成了综合防护体系,逐步控制了严重的水土流失,开始建设良好的生态环境,改善了农业生产条件,促进了农业产业结构调整,取得明显的社会效益、经济效益和生态效益,达到了预期的主要经济指标。

2)水城俄脚河小流域

利用水土保持原理和生态平衡原理对俄脚河小流域采取因地制宜、因害设防、科学配置各项治理措施,自上而下建立了坡面、沟道、基本农田三级综合防护体系,使水土流失得到有效控制。同时,结合调整土地利用结构,提高土地生产力,逐步建立良性农业生态系统,从而探索出一条适合喀斯特地区防治水土流失、改善生态环境,促进山区农业可持续发展的路子。

通过对俄脚河小流域1990～1996年7年的连续综合治理,共完成治理水土流失面积43.3 km^2,治理程度达到93.1%。林草覆盖率由治理前的36.4%提高到治理后的50.4%,土壤侵蚀模数由3 022 t/(km^2·a),减少到876 t/(km^2·a),粮食产量由990 kg/hm^2提高到2 415 kg/hm^2,农业人均粮食由251 kg提高到376 kg,农业人均纯收入由156元提高到632元,取得了显著的经济效益、生态

效益和社会效益。

3)毕节观音河小流域

毕节观音河小流域面积 149.11 km^2,喀斯特分布面积占71%,海拔高程 1 467~2 140 m,相对高差 673 m。山高坡陡,地表破碎,易于发生水土流失。由于人口过快增长,人口密度达294 人/km^2。在人口持续增长的压力下,大量毁林毁草开荒垦殖,垦殖率高达 45.62%,林草覆盖率仅 23.83%,水土流失面积占总面积的 59.10%。其中中度流失以上的占 79.35%,年土壤侵蚀模数5 282 t/(km^2·a),年土壤侵蚀总量 46.55 万 t。由于水土流失导致地力下降,耕地平均单产仅 107.5 kg。人均粮食仅 251.6 kg,人均纯收入 262.20 元,农民生活贫困。

观音河小流域综合治理于 1988 年列入贵州首批“长治”工程项目。经过 5 年的连续治理,生态恶化状况得到了根本的扭转,社会经济有了很大发展,开始出现生态、经济、社会协调发展的趋势。

在生态环境方面:林草覆盖率由 23.38%提高到 41.04%;水土流失基本得到控制,完成治理面积 86.80 km^2,治理程度达98.49%,水土流失面积比治理前减少 43.41%(有的植被还未郁闭),年土壤侵蚀量降低到 13.30 万 t,比治理前减少 71.4%;减少径流量 1 590 m^3。生态环境得到了改善,抗灾害能力明显增强。例如流域内的何官屯片区,1982 年 4 月 25 日一场 83 mm 的暴雨引发的山洪灾害造成直接损失 300 万元,而 1993 年 8 月 9 日 24 小时降雨 113 mm,流域内基本无重大灾情发生。

在治理中通过土地利用结构调整,使农业生产结构更为合理,加之推行科技兴农,推广适用技术,初步形成了粮、烟、果、畜主要生产体系,农民收入多元化。虽然耕地减少 12.7%,而粮食总产量增加了 73.3%,耕地生产率由每公顷 1 612.5 kg 上升到 3 195 kg。农民人均口粮达到 410 kg,比治理前增长 63%,人均纯收入增加到 1 152 元,增长了 3.4 倍。1994 年该小流域综合治理,以优

秀工程通过国家验收,验收组认为该流域治理创造了喀斯特小流域水、土保持综合治理的一种近于完美的模式。

(三)生态农业模式

喀斯特地区人口的盲目增长,对一个坡地为主的山区来说,若以农业为主,对林、牧业重视不够,农、林、牧地比例的失调,广种薄收,陡坡开荒,过垦、过牧、过伐从而使耕地、牧地、林地退化,则水土流失加强、石漠化加速、水旱灾害加剧、生态环境恶化就成为必然的后果。因此,在进行水土保持与石漠化治理的过程中,应走生态农业的道路,发展特色农业生态经济,促进生态经济的有序发展和动态平衡,建立结构合理、功能齐全、优势明显的农村生态经济系统。

1.大力推行混农林业复合型综合治理

主要包括立体农林复合型、林果药为主的林业先导型、林牧结合型、牧农结合型、农牧渔结合型等模式,构成“林以山为本,山以林为依,水以林为源,粮以水为根”的农业生态系统。把各种因素纳入到人地系统的整体中来考虑,着眼于发挥农业生态系统的整体功能。

例如,结合当地群众的经济效益,在流域下游以种植果树(桃、李、梨)、药材为主,中游种植速生林、薪炭林或果药经济林,上游种植水源涵养林,树冠截流降水,减少坡面冲刷。合理配置小型水利水保工程,按照山上、山下相结合的原则,从山顶至山脚,从沟头到沟尾,从上游到下游,自上而下,因害设防。在坡改梯工程区配套拦山排洪沟及蓄水、灌溉工程;在沟谷配套谷坊、沉沙地、护堤等工程。

2.喀斯特山区洼地村(乡)突出立体农业布局

根据生态环境土地类型,实行立体、多层洼地生态经济模式,形成多层次的特殊的土地资源开发利用形式。结合坡改梯的农田

基本建设和防护林建设，把山地作为一个整体实施“五子登科”(山上植树造林戴帽子，山腰种经济林、地埂种草拴带子，陡坡地种植牧草或绿肥铺毯子，山下庭院经济多种经营抓票子，基本农田集约经营收谷子)的主体生态农业建设措施。

在喀斯特地区，充分利用和改造谷地、洼底和山坡下部质量较高的耕地，搞好坡改梯、砌墙保土为主的农田基本建设，宜以粮或经济作物的耕作业为主，但要合理开发水资源，兴修水利工程。在农田较集中的山脚“椅子”处修建塘堰和家庭水池形成小水窖网(选址要高于农田)，利用降水时积蓄雨水，干旱时灌溉农田，增加保收耕地，提高粮食自给水平。在塘堰中喂养鱼、鸭，这样既能调蓄灌溉，又有明显经济效益，提高了农户对塘堰的管理、维护积极性。塘堰下方梯田的灌排渠要合理修建，一般由上田向下田灌排。单独的梯田应修水泥沟，减少灌排过程中水渗漏等的流失。坝子中的水田可相互灌排，但要做好农户的思想工作，避免在相互灌排中产生纠纷。如灌排中带走肥力、田埂漏水等问题。山麓以旱作及果树、药材为主，山腰以速生薪炭林或果、药、杂经济林为主，水土条件较好的地方可种植牧草，大力发展养殖业。山顶分水岭地带以水源涵养林为主，利用林冠截流降水，减缓破面冲刷，使水分下渗，表层带蓄水，延长泉流时间。通过合理布局，形成一个山体之中农、牧、林紧密结合，互相支持和保护，具有良好的生态、经济和社会效益的景观生态系统。

3. 模式应用及典型案例分析

毕节喀斯特山区山坡坡面的坡度、土层厚度、养分、水分、裸岩率等构成的自然环境具有垂直分异带特征，植物生境从坡脚到坡顶越来越严酷，坡度越来越陡。这种自然环境分带规律，导致坡面开发产生的生态环境效应的强度和生态适宜性也具有分带性。因此，在对坡面的治理中，应以生态经济可持续发展为目标，分带采取不同的生态工程治理模式，构造与自然分带规律相适应的坡面

生态经济系统。

毕节"开发扶贫，生态建设"试验区，在生态环境治理过程中，总结了成功的经验，提出了"以小流域为治理单元，'五子登科'治理模式，综合整治山地坡面（山上植树造林戴帽子、山腰坡改梯配经果林拴带子、坡土种绿肥盖地膜铺毯子、山下多种经营抓票子、基本农田集约经营收谷子）"，以保土、兴林、蓄水为重点，工程措施、生物措施、耕作措施三箭齐发，山、水、林、田、路综合治理的基本思路，就是坡面综合治理的生态工程技术宏观模式（图 6-5）。

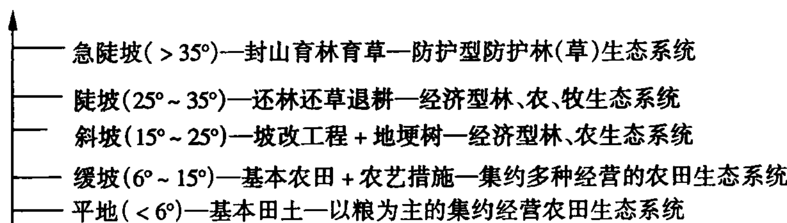


图 6-5　毕节"五子登科"的坡面综合治理生态工程模式

（四）喀斯特地区开发扶贫及生态建设模式

贵州毕节是一个水土流失严重、生态环境恶化的喀斯特贫困山区，为探索人地关系已落入"人口膨胀－生态环境恶化－经济贫困"中的喀斯特山区如何走上生态、经济、社会相协调的可持续发展之路，1997 年中共贵州省委、贵州省人民政府向国务院提交了建立毕节试验区的可行性报告，1988 年 6 月经国务院批准建立"毕节地区开发扶贫、生态建设试验区"。在专家帮助下中共毕节地委、行署组织编制了《试验区发展规划》，并在试验区内按不同类型实施。试验中采取组织体制和运作机制创新，依托骨干生态建设工程治理生态环境，寓生态建设于开发扶贫和经济建设之中，调整产业结构，培育支柱产业，发展农村经济，控制人口以及科技兴农等，对人地关系中的"生态环境、经济、社会"三大系统进行宏观

调控。试验结果表明人地关系向良性转化，生态环境有显著的好转，经济、社会持续发展。

1.调控人地关系、同步综合治理

(1)控制人口过快增长，提高人口素质，促进农业人口转移，给土地和社会经济减压。在严格执行国家计划生育政策的基础上，采取“地挂钩”(增人不增地，减人不减地)的土地政策、计划外生育经济不平等政策和建立农村无子女福利保障制度系列措施，人口增长率在7年内降低7.83个百分点。发展基础教育、职业教育和适用技术培训，组织培训县、乡、镇干部225人，农民适用技术培训567万人次，有组织输出劳务3万余人。

(2)调整产业结构，培育区域支柱产业，发展乡镇企业，促进区域经济发展，重点是发展农村经济。依托优势资源调整产业结构，在工农业中大力发展工业，提高工业的比重。在工业中提高基础产业和轻工业比重。在农业中，结合生态环境建设，以调整土地利用结构为基础，调整农业经济结构，以基本农田建设为基础，积极抓好粮食生产，解决群众吃饭问题。提高以烤烟为主的经济作物比重，建设绿色产业基地，大力发展养殖业，茶、果产业和庭院经济，启动商品经济。大力扶持农业产品和优势矿产为主的乡镇企业。大力发展农村经济，消除农村贫困。经过几年的努力，到1995年，烟草、铅、锌系列生产已经形成，卷烟的利润达4.6亿元，“两烟”每年为当地贡献11亿财政收入，农民每年人均获益100元。畜牧业、茶、果业系列化生产正在形成。以农业产品加工和矿产资源开发的乡镇企业也有很大的发展，总产值上升到4.3亿元。

2.以骨干工程为依托、寓生态建设于开发扶贫中

按照《试验区发展规划》，全区建立了综合开发、制度建设、科技示范、星火技术4个类型区9个试验小区开展试验，以点带面辐射全区。以实施《中国3356项目》、“长防”、“长治”、“以工代赈坡改梯项目”等骨干工程为契机，对240多条小流域进行了全面规划

设计。广泛宣传生态建设的基本知识和有关法律、法规，调动千家万户，治理千山万壑。

经过几年的连续治理，累计造林 22.7 万 hm^2，封山育林 7.4 万 hm^2。治理水土流失面积 6 400 hm^2，坡改梯 12.7 万 hm^2，新建基本农田 6.7 万 hm^2，新修、整修蓄水工程 300 余处，保灌面积达 3.6 万 hm^2，近 180 万人的饮水问题得到了解决。

坚持生态建设与开发扶贫相结合表现在以下几方面：

一是给农民群众创造生产基本条件。在植树造林中，采取生态公益林与生态经济林相结合，提高经济林比重，建设“万亩纤维林”、“万亩漆树”、“万亩苹果”、“万亩桑蚕”等“三林一茶”“四园三场”绿色产业基地。坡改梯建设基本农田。

二是推广农业科技适用技术，在全区普遍推行水、肥两配套。推行烤烟良种化、规范化、区域化“三化”种植和地无草、梗无芽、叶无虫、顶无花“四无”管理。水田推行油菜绿肥下田、两段式或薄膜育秧、杂交良种、半旱式栽培、旱育浅植等 5 项适用技术。旱地推行杂交良种、种植绿肥、分带轮作、地膜覆盖、横坡聚垄、玉米育苗定向移栽 6 条措施，初步形成粮、烟互补优势。各项技术覆盖面提高到 80%。

三是发放小额扶贫贷款 7 亿多元，涉及种养殖和乡镇企业 1 800多个项目，扶持 84 万多农户。

3. 加强领导、创新项目组织体制和运作机制

(1)建立强有力的组织机构。毕节行署及试验区各县成立了领导小组，下设办公室，并纳入政府序列。按照规划建立了 9 个试验小区和 4 个类型区，后者的领导机构享有县一级的管理权限。把试验区工作列入各级领导目标管理责任制范畴。从地、县抽调 2 000 余名青年干部到县、乡、村任职，加强农村基层组织的领导力量。组织 6 万余名农村党员参加“双带”活动，充分发挥村级党支部的战斗堡垒作用，为试验区“开发扶贫，生态建设”提供了有力的

组织保证。

(2)创新项目组织实施体制和运作机制。由各级政府和行业组成单项承包集团,按实施内容实行区域性集团承包,并把业绩纳入干部考核内容。在资金管理方面,坚持对资金实行项目管理,注意项目集成和叠加,制定倾斜投资政策和优惠政策,资金向区域性产业和“温饱工程”倾斜,扶持农村互济会等合作经济组织。全面放宽、放活“两荒”土地的经营管理政策,创新与土地经营制度的人口控制机制,调动广大社会力量参与生态建设的积极性。

4.模式应用及典型案例分析

毕节试验区包括毕节地区6个县(市),面积15 346 km^2,人口559万。喀斯特分布面积占711%,山地、丘陵占94.4%,大于25°的自然土占47.5%,垦殖率达46.01%,总耕地面积40.1万hm^2,其中旱耕地占86.6%,大于25°的坡耕地占21.29%,人均耕地0.08 hm^2。地表峰峦起伏,沟壑纵横,喀斯特自然生态环境十分脆弱,农业土地资源贫瘠,但矿产、能源资源丰富,煤、铁、硫、铅、锈、稀土等矿产的储量均名列贵州前茅,还盛产烤烟和其他土特产品,畜牧业有一定的优势。生态环境已受破坏,1987年水土流失面积达62.7%,平均侵蚀模数4 210 t/(km^2·a),森林覆盖率仅为10.49%,自然灾害频繁。1988年平均人口密度217人/km^2,农业平均人口密度205人/km^2,人口自然增长率21.29%。人均工农业总产值288元,人均GDP为336元。农民人均纯收入184元,人均粮食200 kg,农村贫困人口约70.7%(1985年)。

经过多年的努力,试验区的生态环境有了明显的好转,生态环境恶化势头得到了控制,开始向良性方向转化。社会经济向可持续方向发展,人地关系出现“人减、经济快速发展、生态环境改善”的良性循环。

水土流失面积由62.7%降至52.63%,到1998年降至31.7%。森林覆盖率由10.49%上升到13.66%,垦殖率由

46.0%下降到37.9%,抵御灾害能力增强。

全区实现国民经济总产值41.22亿元(1990年不变价),在“七五”基础上递增8.95%,粮食产量达到157.25万t,平均每年递增7.8%。群众生活水平不断提高,农民人均纯收入扣除物价上涨因素后为526元,增长236元。贫困人口由412万人下降到200万人左右,人口自然增长率由21.79%下降到13.46%。

(五)草地畜牧业模式

贵州草地资源丰富,现有牧草地169.65万hm^2,未利用荒草地55.5万hm^2,草质差,产草量低。自1983年以来,实施南方种草养畜综合开发“引智成果推广示范基地”项目,先后引进实施中国与新西兰合作的“贵州牧草种子繁殖场技术服务合同项目”、“贵州草地农业生态系统研究示范项目”、“贵州省土地综合利用项目”,中国与荷兰合作的“贵州省龙里县农业综合开发项目”,以及中国贵州与欧盟合作的“中国贵州奶类援助项目”等。通过这一批项目,连续多年聘请新西兰专家,引进外国先进的种草养畜技术,结合贵州和中国南方的实际情况,形成了一套中国南方种草养畜综合开发的“贵州模式”。

1.项目技术与特点

以农户为主体,以国家技术人员为骨干,以外国专家技术指导为依托,根据不同草地类型,组装配套草地畜牧业和农林牧业综合技术,开展多种经营,实现优质、高产、高效的草地畜牧业和可持续发展农业,采用广大农户易于接受的示范方式,促进农林牧业全面发展。

草尤其是某些禾本科草生长快,在适宜的气候条件下,两个月左右,最慢的半年内就能全部覆盖裸露地面。例如,9月播种的黑麦草,12月初就能全部覆盖地面,次年雨季到来时,覆盖度达到100%,能有效地控制水土和肥力流失,并涵养水分。树,即使是速

生的马尾松、杉树和杨树等，按植树造林规范的要求，一般要在3～5年以上才能基本覆盖地面，若栽培杨梅、板栗、油桐、杜仲、桃、李等经济林果树，一般要在6年以后才能基本覆盖地面。因此，一般坡耕地退耕后，应该先种草后植树，或在秋冬植树时，同时在树间种草。选择适宜的优良草种，按一定的技术种植，适时有效地防止水土流失，恢复生态，体现其生态效益和经济效益。

劣质草地和低产草地多分布在荒坡水土流失严重的酸性黄壤或红壤地区，草质粗硬、稀疏，家畜难于利用。水土继续流失则寸草不生，形成基岩和砾石裸露，植被难以恢复，对这类草地的改良方法是：先施石灰和磷肥，使pH值达到6～7左右；山顶由人工种植抗逆性强、生长快、产草量高、优质、与杂草竞争力强、再生力强的优良牧草（尤其是豆科牧草）和水土保持林，迅速回土和防止水土流失；山腰沿等高线带状种植经济林，林下种草；山脚平地或坡地土壤相对肥沃，采用粮（油菜）草套作或果草套作，实现土地综合利用。

良好和优质草地大多分布在平地或缓坡地，土壤肥沃，但易因过牧或不科学收割造成退化。对这类草地中的人工草地、半人工草地和优良天然草地的保护和利用模式是：围栏划区轮牧＋控制放牧强度＋适当施用维持肥。这类草地中较差的天然草地首先用优质牧草进行补播改良（如百脉根免耕直播改良），1年后再采用围栏划区轮牧的模式，5年后采用粮草轮作的模式，不断提高土壤肥力和土地产出率。

植草比种树见效快，草的适宜性强，容易取得成功。草地既能保持水土，带动林、粮发展，同时又是发展畜牧业的经济原料，要在治理上加以利用。独山土地综合利用项目用马尾松、杉、杜仲、油桐和豆科牧草间作作为试验组，不与草间作的树为对照组，种植后3年测定结果是：松—草结合地马尾松幼林与对照组幼林相比，高是对照组的1.7倍，地径是1.58倍；杉—草结合地的幼杉林，高与

地径分别是对照组的4.12倍和5.6倍;杜仲—草组分别是对照的1.27倍和1.54倍;桐—草组分别是对照组1.97倍和2倍。试验组油桐结实量为对照组的3.2倍。无论哪种树种,林草结合比单植树的树高、地径和结实都有显著的提高。

选苗要尽量选用适宜喀斯特环境的速生木草苗,栽种高产豆科饲料来养兔等食豆草动物。对草坡可进行更新,引进培养新种牧草。白三叶草在正常生长情况下,每公顷可固氮660 kg,相当于1 350 kg优质尿素。其他种类的豆科牧草也可以通过自身的根瘤菌对土壤产生固氮增肥的作用。1996年西南农学院土壤肥料系3位教授对贵州牧草种子繁殖场进行了考察,发现以白三叶草和黑麦草为主的混播人工草地,通过7年的围栏放牧家畜,壤土层增厚了12 cm,专家指出,自然演替要70年以上才能达到这样的结果。种草围栏放牧饲养家畜改良土壤是农业生产上的一大革命。

2.因地制宜、发展草业、治理生态

贵州喀斯特山区农民有家庭放养牛、羊的传统习惯,是农村家庭经济收入的一大来源。尤其近年来人们生活水平的提高、市场经济的推动、商品经济的流通与搞活,大大促进畜牧业的大发展,尤其是牛、羊养殖业的发展。但是,牛、羊养殖业基本上是在对天然草地进行掠夺式的利用下开展的,仅有极少部分进行的是人工种草养殖。很多地方由于畜群比例大,无节制地放牧使得草地缺乏恢复再生的时间和物质投入,退化严重。在土层瘠薄的沙质土壤上,草地植被破坏后很快砂化,出现水土流失,使草地及周围变得既不能农又不能牧。而且一年中除冬天外,一般都有放牧,尤其是春天草木刚发芽就被“扼杀”,很难存活下来。

以草带林带粮,进行草农牧林结合,短期内可保持水土,远期则可开发林木资源,既有近期利益又有远期利益。例如,利用种草来发展畜牧业,并结合农作物秸秆和饲料数量,合理控制畜牧的规模;对牛、马改放养为舍养,利用农作物秸秆喂养,形成畜多－肥料

多-粮食多-收入多的良性循环;选育适合喀斯特地区牧草资源的优质肉牛、肉羊品种;选择适度规模的科学饲养,包括植物和种畜的选择和培育及生态平衡建设,种植适合饲养动物所需的高产量的植物。在一定养殖规模与资金支持力度下,争取示范和推广畜禽产品深加工技术,向市场提供高附加值的肉类产品及其衍生的医药、化工、饲料产品,逐步实现以畜牧业生产为主的商品化农业产业结构、以畜牧业收入为主的农民收入结构、以畜产品深加工为主的农村工业结构,实现农业现代化。

3.模式应用及典型案例分析

1983年贵州人工种草不足133.3 km^2,食草家畜为570多万头(只),畜牧业年产值仅为7亿元,约占农业总产值的16%。1983年以后,贵州不断完善配套"南方种草养畜综合开发"模式,从1992年开始,贵州省智力引进办公室、贵州省农业厅联合在独山、龙里、花溪、清镇4县(市、区)370 hm^2 土地上开展试验示范工作,取得了显著效果。

通过人工种草,将劣质草地改良为优良草地,粗蛋白质提高3倍,适口性和可消化率都显著提高。劣质草地改良后产草量提高4倍,出肉量提高4倍,利用年限在平均每4年施1次维持肥的条件下可永续利用。优良草地的产草量、载畜量、出肉量均提高1~2倍,并实现可持续利用和发展。项目区水土流失模数由1992年2 850 t/km^2 下降到60 t/km^2,有林面积由14%提高到36.7%。劣质草地改良后,每投入1元,农民增收纯利5元,家畜繁殖成活率提高20%,净肉率提高6%,商品率(出栏率)提高15%,4个项目区实施项目农户人均年收入从1992年的301元提高到1997年的1 733元,年人均粮食产量由250 kg提高到666 kg。

截至1997年,贵州全省累计开发荒山草坡人工种草面积达1 366.7 km^2,另外利用冬闲田地种植饲草绿肥和旱地粮肥分带轮作、绿肥聚垄栽培等种植牧草(含可作为饲草的绿肥)3 333.3

km^2,合计共种植各类饲草 4 666.7 km^2,食草家畜发展到近 1 045 万头(只)。畜牧业产值增加到 60 亿元,约占农业总产值的 30%。由贵州省智力引进办公室和贵州省农业厅直接抓的 4 个县的示范面积由 1996 年的 370 hm^2 增加到 870 hm^2。

1)独山南方种草养畜示范基地

独山土地总面积 2 442.5 km^2,牧草地 41 323.7 hm^2,占土地总面积的 16.9%,可开发潜力大。独山县牧草种子繁殖场成功地与新西兰合作,引进优良牧草品种、先进技术,以农户为基础,建设草畜基地,充分利用项目生产建设与市场需要相结合,技术干部与农户相结合,形成开发、生产、经营一条龙的模式。

1989 年在梨树下种植红三叶与黑麦草,平均每公顷产梨9 225 kg,比未种草时增产 2 475 kg,而且收割优质鲜嫩草饲喂种猪和繁殖母猪,节省精饲料,加喂鲜草的猪食欲旺盛,消化道疾病减少,非常健康。用白三叶为主的鲜草切碎补饲养鸡,所产鸡蛋的蛋黄由浅黄色变为深黄色,质量明显提高。树下种草,果、草结合,每公顷果园增值人民币 6 375 元。

经济效益:已建成奶牛示范户 80 户,投放奶牛养殖 66 户,已全部进入产乳生产期。一般每头奶牛日均产奶 18.7 kg,户均日售鲜奶 19 kg,月毛收入 1 311 元,纯利 760 元。项目户中日售鲜奶最多达 57 kg,最低也有 13 kg 以上。如上司镇上司村四组吴绍波,1999 年种草,2000 年 4 月配畜两头奶牛,5 月开始产奶,至 10 月共出售鲜奶 5 547.2 kg,收入 12 770 元,扣除成本后纯利 7 743 元;郑祖余一户,饲养两头奶牛,到 2000 年 10 月收入 7 820 元,扣除成本纯利 4 556 元。

社会效益:人们社会价值观念发生改变,特别是促进产业结构的合理调整,使农户在项目培训中提高自信心,敢于参与市场竞争。

生态效益:林草结合、放牧利用有利促进林木快速生长,改二

元种植结构向三元种植结构转变。

2)龙里种草养畜试验示范推广中心

位于龙里谷脚镇倪儿关开发区,距贵阳市中心 22 km,为典型的山地农区,经济基础较差,在省内具有广泛代表性。1993~1997年实施国家引智项目工程——贵州省土地综合利用项目,引进新西兰草地牧业和农林牧配套技术,结合本地实际,探索以草地牧业为纽带的农林牧综合开发的新模式。1998 年 3 月起至今实施引进国外智力项目“贵州省龙里农业综合开发示范项目”,进一步推广示范以种草养畜为中心的引智成果。

主要效益:中新项目点期末年人均产粮 531.8 kg,比项目前增加 270.9 kg,人均纯收入 1 740 元,比项目前增加 1 289.2 元;基地的农业基础设施有较大改善,基地的农业结构优化调整、社区环境良性变化,基地的成果产生较大影响。

成果的发展前景:项目成果在项目区普遍受到农户的认同和欢迎,推广示范规模将可大幅度加大。基地成果(技术和经营模式)代表性强,推广空间大,不仅使基地成果推广龙里全县和州内各县,还将逐步在贵州省内各地更大范围内进行推广。基地是中新合作实施的贵州草地畜牧业国际标准化合作项目区之一,以开展技术培训和技术传输为主,使全省规范化推广种草养畜引智成果迈上一个新台阶。

以龙里最贫困的哪旁乡高枧村下十字村民组布依族农民陈玉国和陈龙华为例,1997 年以前,采用老品种在耕地上种玉米,亩产只有 75 kg,粮食不够吃,于是在陡坡开荒种玉米,因土层瘦,加之水土流失,产量低,生活仍然困难。1998 年 4 月,两户联合将陡坡地退耕种草 13.3 hm^2,养牛 12 头,羊 120 只,平均每公顷草地年产值相当于种玉米的 2.25 倍;在平坦耕地采用良种玉米,营养袋育苗移栽,粮食和绿肥分带轮作新技术,产量由 2 250 kg/hm^2 提高到 6 750 kg/hm^2,粮食总产反而增加。现在两农户已经摆脱贫困

走向小康，而且坡地由过去的水土流失、一片狼藉，变成一片青绿，牛羊肥壮，呈现出一派生机盎然的景象。

3)清镇“引智”项目

清镇“引智”项目均在清镇红枫湖簸箩片区实施，在贵黄公路28～38 km的两侧，农户大多属红枫湖库区移民，经济基础较差，土地瘠薄。自1990年以来相继实施了联合国计划开发署援助的“草地农业系统项目”、新西兰政府援助的“土地综合利用项目”，以及1999年开始实施的“欧盟奶类援助项目”，大幅度提高了粮食收入，使人均粮食由不到200 kg提高到平均600 kg以上。共计种植优良人主草地125 hm^2，发展奶牛专业养殖户64户，户均收入畜牧业一项就提高了2 000元。

经济效益：种草养畜专业户大多以饲养奶牛为主，以一户种2 hm^2草场饲养3头成年产奶牛的经济效益测算。收入：每天每头成年奶牛按15 kg鲜奶计，一个泌乳期300天，牛奶收入＝3头×15 kg×300天×2元/kg＝18 000元/a。支出：草场折旧（草地利用年限按10年计，每公顷建植费2 250元）＝2 hm^2×(2 250/10)＝450元；草地施肥（草地施肥每年每公顷225 kg尿素，750 kg磷肥）＝2 hm^2×225 kg×1元/kg＋2 hm^2×750 kg×(10元/25 kg)＝1 050元，人工费＝1人×12月×500元/月＝6 000元，奶牛折旧费（奶牛按6年饲期算）＝3头×6 000元/头÷6＝3 000元；其他费用，包括医药费、牛棚折旧等500元。支出合计11 000元。盈亏合计为：收入－支出＝18 000元－11 000元＝7 000元。

肉牛养殖基地：人工种草40 hm^2，育肥出售优质肉牛120头，实施养殖专业户20户，户均增收1万元。

奶牛试验示范基地：奶牛专业户56户，饲养奶牛250头，户均增收2万元，现人工草地已发展到96 hm^2。

(六)环境移民与开发式扶贫模式

贵州喀斯特环境特征典型,生态脆弱,抗自然灾害能力差,生态环境退化极为突出。虽然自然资源丰富,但人口多比重大,经济水平低,增长缓慢。由于资源的不合理开发利用,造成人与环境的严重失调,形成了“贫困-掠夺资源-环境退化与恶化-进一步贫困”恶性循环,严重制约和限制了经济的进一步发展。贵州1998年共有农村贫困人口274万,人口大多数属人均收入400元(1997年价)以下的极贫困人口,主要分布在少数民族聚居的喀斯特深山区、石山区和高寒山区,其中约有20万人缺乏基本的生存条件,“一方水土养不活一方人”。

1.环境移民与可持续发展

喀斯特地区环境移民是指由于资源匮乏、生存环境恶劣、生活贫困,不具备现有生产力诸要素合理结合条件,无法吸收大量剩余劳动力而引发的人口迁移,以实现迁出区与迁入区社会、经济、环境协调持续发展的目标。

通过环境移民实现生存环境恶劣的喀斯特地区社会经济与资源环境的协调可持续发展,关键之举是能在国家的支持帮助下,从解决农民的基本生存条件和温饱问题入手,启动商品经济发展,以市场需求为导向,依靠科技进步,实行开发式扶贫,增强当地自我发展能力,以加速经济增长为中心,把治本与治标、近期与远期利益、开发与保护结合起来,把经济效益与生态效益统一起来,逐步实现以经济发展支持生态建设,以生态建设促进经济发展。

消除贫困是中国实现区域可持续发展的基本前提,也是地方政府的一项历史责任。《中共中央关于农业和农村工作若干重大问题的决定》明确指出“对极少数生存条件极端恶劣的贫困人口可以有计划地实行移民开发”。贵州“九五”计划提出了在本世纪末消除人口绝对贫困的奋斗目标,在贯彻《中国21世纪议程》行动计

划中也明确提出“对极少数生存和发展条件特别困难的村寨和农户，政府做好工作，实行异地安置”。因而，一个涉及生存环境恶劣的喀斯特地区人口环境移民、摆脱贫困、稳定温饱、实现小康，并确保社会、经济、环境持续稳定协调发展的多目标优化决策，已成为贵州扶贫攻坚的现实需要和一项重要任务。

2. 环境移民开发的指导思想和原则

(1)坚持开发式移民，以移民促开发，以开发促脱贫。结合迁入地资源，发展商品生产，增强自我积累和发展能力结合起来，逐步、稳定地解决搬迁户的温饱问题。发动搬迁户和迁入地群众开展开发非耕地资源，治水、改土、种树、修路，加强基础设施建设，切实抓好农业生产特别是粮食生产，提高粮食自给水平，因地制宜地发展多种经营和乡镇企业，增加农民收入。开发式移民要与科技扶贫工作紧密结合，在支持移民脱贫产业中加强适用技术推广，加强良种、良法推广。在移民开发中力争与扶贫开发项目、科技开发项目有机结合，使移民区经济开发真正转移到依靠科技进步的轨道上来。

(2)发扬自力更生、艰苦奋斗精神。移民需要国家的扶持和社会各界的帮助，但只有靠搬迁户自强不息、苦干实干，以及全县干部群众的自身努力，才是完成移民扶贫攻坚任务的基本保障。在移民工作中，要最大限度地发挥搬迁户的积极性和创造性，克服“等、靠、要”思想，改变消极畏难和无所作为的精神状态，真正依靠自己的力量解决温饱问题。

(3)坚持以农业综合开发为主，把有助于直接解决搬迁户温饱问题的种植业、养殖业和以迁入地农副产品为原料的加工业，作为移民开发的重点。根据实际，种、养、林果业和以当地农副产品为原料的加工业是最有效的移民扶贫产业，发展这些产业，不仅能够充分发挥当地资源优势，且投资少、见效快，覆盖面和受益面大。移民扶贫攻坚须把发展这些产业作为重点，各类扶贫资金和专项

贷款都要向这些产业倾斜,要大力支持移民户脱贫的龙头产业,把移民户脱贫致富与发展农业产业化结合起来。

(4)坚持可持续发展战略,保护环境。移民开发工作要遵循可持续发展原则,在选择移民开发项目、开发建设时,要结合迁入地的实际,把眼前利益与长远利益结合起来,不能只顾眼前利益,以破坏迁入地资源、牺牲环境为代价。解决移民的温饱问题,进一步发展经济,都必须保护好环境,实现资源的永续利用。特别应注意的是,移民对其原居住地,不得以将要搬迁为由而乱砍滥伐,破坏本已十分恶劣的原有环境。

(5)努力将移民与村镇建设和乡村基层政权建设结合,形成新的经济增长点。移民搬迁不仅要解决搬迁群众的温饱问题,而且要考虑到搬迁群众早日脱贫致富以及区域经济发展的问题,因此在对迁入地的选择、布局和规模上,要与村镇建设结合起来,创造有利于农村集镇建设的条件。通过村镇建设,依靠其辐射和影响作用,带动农村经济的发展,形成新的经济增长点。

(6)移民搬迁与迁入地发展相结合。移民不应影响和妨碍迁入地群众的既得利益,相反应随着移民搬迁资金的投入,使迁入地的生产和生活条件有所改善。在移民搬迁工作中,应投入部分资金,改善迁入地生产生活条件,改善教育、卫生等基础设施建设,为迁入地群众脱贫致富创造条件。同时,需注意各民族团结,要使迁移群众与当地群众和睦相处、长治久安,彼此尊重各民族的风俗习惯。

(7)移民搬迁工作必须坚持因地制宜、统一规划、迁留兼顾、自愿自理、县乡村扶持和在本县域内安置的原则。在群众自愿的前提下,根据当地实际,搬迁方式采取分散迁出与集体迁出相结合,分散接收安置与集中接收安置相结合。移民搬迁工作应以改善和解决生产环境(条件)为重点,使搬迁群众具备自我生存和发展的能力,达到稳定脱贫的目的。

3.模式应用及典型案例分析

贵州“九五”初期分别在典型脆弱喀斯特生态环境的紫云麻山、荔波瑶山、安龙木咱等地进行了试点阶段的环境移民工作。

紫云移民开发扶贫试点采取国家投入、社会支助、移民自筹相结合的方式进行，保证了试点项目有计划、有组织地开展，把移民搬迁与发展生产、自力更生艰苦奋斗与国家社会扶持紧密结合起来。与此同时，狠抓了移民搬迁后的项目开发，努力发展移民经济。为使搬迁后的移民在3～5年内达到脱贫致富的目标，在完成搬迁任务后，迅速将主要精力转向帮助移民发展生产、发展经济上来。工作中切实抓住电气化县、渴望工程、坡改梯等建设的有利契机，加强移民点的水、电、路建设。

截至1998年5月底，共在自然条件较好的猫营、坝羊、板当、松山、水塘、猴场、四大寨、达帮等8个乡镇建成21个移民新村，新建砖木结构住房257户，771间，总面积16 260.39 m^2，人均达到14.6 m^2。共计1 114人(苗族占91.89%，汉族占8.11%)、257户移民已全部迁入移民新村定居，户均住房面积达63.27 km^2。257户移民迁入新建的21个移民新村后，新村所在地的村组及村民对移民也十分欢迎，克服人均耕地占有量少的实际困难，无偿划拨出耕地89.13 hm^2、非耕地200多hm^2(人均耕地0.08 hm^2、非耕地0.18 hm^2以上)发包给移民耕种。

1)环境移民试点存在的问题

紫云环境移民试点的问题在于：①环境移民迁入地产业结构单一，农业尤其是种植业占有绝对的比例，仍属一个潜力不大的传统农业区。从移民拥有的土地资源低于迁入地原村民拥有的土地资源来看，仍具有普遍性，这实际上对移民的农业开发水平提出了更高的要求。②在移民过程中，政府包揽过多，较多考虑和采用的是国家和地方加大投资扶贫力度(包括资金、物资、技术、人员等)的“输血”模式，移民大多是被动地接受，缺乏主动参与新家园的建

设和设计，一部分移民产生了“等、靠、要”的依赖思想。移民心理意识问卷调查揭示，在搬迁后的从业意愿上，98.7%的人选择了农业，搬迁后遇到生活困难，12.8%的人表示要返回原住地，71.8%的移民强烈依赖政府。③对造成经济发展滞后的非经济制约因素重视不够，尤其是没有把迁移与资源、环境、社会发展等要素结合研究。移民后的收效不明显，甚至产生了相应的负面效应。造成扶贫工作难度非常大。有些地方即使脱贫，也有相当部分属于暂时性的“机遇性脱贫”、“救济性脱贫”，返贫率相当高，返贫现象相当严重，极不利于这些地区的脱贫致富，更不利于这些地区的可持续发展。针对这些问题，如不采取措施，生存环境恶劣的喀斯特地区即使通过移民使温饱问题能解决，但稳定脱贫奔小康的目标将会成为新问题，很可能会出现随着人口迁移引起的将贫穷由一个地方带到另一个地方，甚至再带回原住地的“贫困迁移”现象。

2)迁出地、迁入地和移民意愿

迁出地、迁入地和移民是移民“三要素”。作为环境移民，该县迁出地和移民的对象是特定的，是对麻山片区严重缺土、缺水、缺粮、缺铁、缺乏基本生存条件的石山区的极贫农户进行搬迁，通过移民搬迁这种形式，消除迁移人口的绝对贫困。迁入地有较大的人口环境容量。由于区位等条件的差异，茶英村移民点的农业人口环境承载力相对较大，狗场村移民点除具有一定的农业人口环境承载力外，由于新村建在县主要公路附近和靠近当地主要集市，人口的经济环境承载力相对较高。从问卷调查的情况看，移民对迁移完全自愿，具有搬迁脱贫的愿望；迁出地和迁入地村民由于各民族间交往比较多，关系融洽，基本不存在民族隔阂。这些都表明移民试点规划是可行的。

3)移民的稳定问题

移民首先要面临的是基本的生活和生产条件问题，这是移民能否稳定的基础。该县移民试点规划的重心正是摆在这个方面。

在移民的形式选择上，样区通过建立示范新村采取相对集中移民的方式，以利于移民尽快适应新环境。移民新村有新建的住房，有迁入地调整出来的现有耕地，有较为方便的饮水、用电和就学、就医条件，这些对移民都有很大的吸引力。政府还将为移民的生产生活困难给予补助并提供1年的粮食，同时还出台免征3年农业税等优惠政策。这些政策和措施将使移民能在一两年内解决温饱问题，十分有利于移民的稳定，这是移民试点方案成功之处。但移民试点方案的缺陷也十分明显；在移民过程中缺少移民直接参与新建家园的重要环节。从对移民问卷调查得知，移民对政府已有较强的依赖性。在移民过程中政府包揽过多，将会强化这种依赖性。如再不对现有耕地的耕种和对非耕地资源的开发上采取带有强制性劳力投入等措施，移民新村的发展又会成为新的问题。

4)移民的发展问题

从对移民迁出地和迁入地农业生产条件的比较分析中，可以看出两地农业生产结构明显不同，迁出地以畜牧业为主，迁入地以种植业为主。但比这种结构差异更为深刻的是生产方式上的差异，迁出地大体上还滞留在残留着刀耕火种的"锄耕"阶段，迁入地则处于较为发达的"犁耕"农业阶段。这表明，即使是农业开发，移民也需要一个学习和适应的过程。在农业开发中，最重要的是土地资源。尽管对土地资源还有个开发适宜性评价和质量问题，从移民拥有的土地资源低于迁入地原村民拥有的土地资源来看仍具有普遍性，这实际上对移民的农业开发水平提出了更高的要求。而且，要尽快提高移民的人口素质，科技培训是当务之急，为他们创造新的就业机会。同时，在移民新村的发展中要严格控制人口数量增长，以减轻人口对土地资源的压力。不采取这些综合措施，即使移民温饱问题能解决，"贫困迁移"的现象很可能会出现。

(七)退耕还草、草林结合的草、畜(禽)生产模式

退耕还草,种草养畜(禽)是一种生态建设与经济效益兼顾的有效途径,适宜喀斯特山地土层瘦薄的特点。从生态效益方面看,种草当年即可形成草被覆盖,减少冲刷量 77% ~90%,第二年即可基本控制水土流失。草的生态功能虽然比森林差,但防治水土流失能力甚至比森林还强,据测定,当降雨量为 346 mm 时,每公顷裸地水土流失量为 6 750 kg,耕地为 3 570 kg,林地为 600 kg,而草地只有 90 kg(任继周,1993)。从经济效益上看,种草养畜(禽)的比较效益远大于种粮食,可以弥补农民在返耕土地上对粮食和经济的需求,而种草的投资又比种树少,成本低、见效快,农民易于接受。如果在还草的基础上,实施草、林结合办法,其生态、经济效益更好。这种模式当前在贵州没有引起足够的重视,而在四川已被广泛接受,是农业产业结构调整与生态建设相结合的措施之一。

1.退耕必须还草,实行林草结合

林草结合时,由于它们各自吸收不同土层的水肥,草的根系在浅土层,树的根系在深土层;而且大多数草具有改良土壤、培肥地力,使土壤的水肥含量增加的功能,所以草与树是相互依存的关系(龙忠富,1999)。草在较短时间内就可覆盖地面,加上树的盖度,就大于单一种草或植树覆盖度。在果树和其他林木的株行距间种草,草可以饲养家畜,从而提高了土地的利用率和产出率。在坡度较陡的天然脆弱的地区,培植草种时,用地膜覆盖,防止生长期间被雨水冲走,待成苗后即可收回地膜重复利用。利用草地增加地被覆盖,可有效减少地表径流,增加渗透能力,且当年可见效。

2.模式应用及典型案例分析

1993 年,长江上游生态环境治理示范预研项目,在织金上大寨做了一个退耕返草、种草养鹅的生产模式,规划示范点大于 20°的坡耕地退耕,播种白三叶和黑麦草,刈割牧草饲养织金白鹅。每

公顷载禽量750只,从小鹅到上市约10个月左右。每公顷收入可高达1.5万元,远比种玉米(每公顷单产3 150 kg,每公顷收入2 250元)高出6倍多。

(八)坡耕地防治水土流失的坡改梯模式

贵州喀斯特山区的成土速度极慢,现有的流失量远远大于成土量,对于一个喀斯特广布的省份,保护宝贵的耕地资源比其他任何地区显得更为迫切。贵州的耕地中70.05%是旱坡耕地,其中大于6°的易发生水土流失的面积又占90%,水土流失已为旱坡耕地的头号“杀手”。土壤平均侵蚀模数已达3 490 t/(km^2·a),年平均侵蚀率约为0.29 cm,远远超过喀斯特区年平均综合成土速率0.005 8 cm,据统计全省80%的土壤流失量来自坡耕地,严重的水土流失导致耕地质量退化和部分耕地石漠化,危及耕地资源可持续利用,如果不及时救治,生态危机将逐渐转化为生存危机。

1.以“三改一配套”为主要内容

“三改一配套”就是在全面科学规划指导下,主要是对25°～15°坡土进行梯化。根据社会经济的实际需求、土地最佳利用方式和土源状况,选择坡改梯地点,按照地形变化,大弯就势,小弯取直,沿等高线造梯土、梯田。要根据坡度大小、土层厚度和耕作要求来确定梯台级数、梯面宽度、梯埂高度和位置。通过砌石埂或植物篱土埂把坡土改成水平梯土。核心技术内容是“三改一配套”,即坡改平、薄改厚(厚度超过40 cm)、瘦改肥,配套拦山沟、排水沟、蓄水池相结合的排、蓄、灌功能齐全的坡面水系治理工程。在此基础上,推广适用组装配套农业科学技术,因地制宜形成农、林、牧生产体系。

2.坡改梯工程类型

(1)石埂梯化。就地开采石料、毛石干砌石埂,高度一般在2.5 cm以下。先把耕作层铲出堆放一边,炸掉埋头石,填土整平

地面,再回填耕作层,并种植绿肥和施有机肥培肥土壤,配以坡面排、灌水系。这种类型是省内最普遍的梯化工程。据观察结果,与未坡改梯以前相比,径流量减少 41.5%,土壤流失量减少 73%~92%,土壤养分流失减少 83.1%。

(2)生物梯化(植物栅篱梯化)。这种类型目前在贵州尚不普及。最典型的是贵州省农业科学院在罗甸打讲村采用生物梯化治理旱坡耕地 22.28 hm^2,推广面积约 200 hm^2。即在 17°~22°的旱坡地上,每隔 5~8 m,沿等高线种植一条由灌木和多年生草本植物组成的栅篱作物带(短萼毛豆、紫穗槐、香根草),带宽 0.3~0.5 m,双行种植,行株距为 33 cm×15 cm。如种紫穗槐,每公顷栽培 2.7 万株,播种草种子 27 kg。植物栅篱的地面覆盖度约为 15%。在栅篱带间,根据坡度、土层厚度及肥力、水源条件,进行分区分类顺等高线种植粮油作物、果树等。通过自然翻耕,坡地逐步梯化。据观察结果,生物梯化减少径流量 41%,土壤流失减少 82.3%,总养分流失减少 81.8%。

石埂梯化与生物梯化两种类型的水土流失治理效果基本相同,不过生物梯化比石埂梯化成本要低 75%左右。各地具体采用何种方法,要根据当地的材料、土层厚度等因素来选择,植物栅篱梯化更适合砂页岩坡地和土层连续而较厚的地区。

3.坡改梯工程综合效益分析

坡改梯的效益怎么样?这是人们关心的问题。据调查,坡改梯的综合效益好表现在以下几个方面:

第一,生态效益好。耕地面积平均增加 8%左右,其中 20°以上增加 15%,20°以下增加 6%左右。耕层增厚,地块增大,有利于增进水分涵养、提高灌溉效率和耕作。水土流失量减少 80%以上,侵蚀率降低到 0~0.1 mm/a,养分损失减少 75%左右,抵御旱灾能力增强。如果在坡面中部 15°~25°之间建成坡改梯环带,不仅因坡改梯增产增加农民口粮,促进对大于 25°坡地退耕,并且坡

改梯环带还拦截坡面上部坡面流，减轻了对15°以下缓坡地的侵蚀。

第二，直接经济效益好。中国科学院谷树忠博士对平坝807 hm^2 的坡改梯进行了损益分析。运用价值流概念、采用广义的效益—成本分析法，对1991～1995年陆续投入和完成的坡改梯面积经济效益进行了研究：坡改梯平均总成本6 030元/hm^2，其中货币费用占29.1%，劳动费用占70.9%。直接经济效益计算(以玉米计算)，增长效益包括单产提高，各年增长幅度为5%、11%、18%、22%；耕地面积增加8%的产量，抗灾减少产品损失约为20%。按利率10%，采用动态成本和动态效益计算公式计算净效益及损益平衡点(表6-1)，结果表明，净效益产生在1997年，也是损益平衡点，以后进入净效益上升期。也就是说投入后，经过6年之后就进入净效益时期。

表6-1　　坡改梯净效益损益平衡点(平坝)　　元

年份	实际成本	累计成本	实际效益	累计效益	净效益
1991年	783 900	783 000			
1992年	783 900	1 646 100	232 928	232 928	－783 900
1993年	826 110	2 558 529	504 160	760 380	－1 413 262
1994年	1 266 300	4 166 911	833 392	1 669 810	－2 497 101
1995年	1 206 000	5 789 602	1 295 698	3 132 488	－2 657 114
1996年		6 368 362	1 774 608	5 220 344	－1 148 218
1997年		7 005 418	1 935 952	7 678 332	672 914
1998年		7 705 960	2 041 952	10 488 116	2 782 156
1999年		8 476 556	2 083 648	13 620 576	5 144 820
2000年		9 324 212	2 083 648	17 066 282	7 742 070

第三，社会效益好。国家坡改梯专项投资起着触动作用，带动地方政府投资，农民投工投劳，把农村丰富的廉价劳动力，转化为农业基础设施，促进开发扶贫工作的进展。

第四,坡改梯工作中也存在一些有待改进的问题。要加强全面规划和规划设计的科学性,因地制宜,实事求是,讲究实效,提高工程质量。避免不该改的地方去改,使改出的坡改梯工程没有填土整平,只有一道道石埂,坡改梯变成了"坡改坑"。有的工程没有配套的微型水利或配套的蓄水池,因设计不合理而形同虚设。"瘦改肥"也是当前忽略的问题,要加强改土后的培肥措施,增施有机肥和种植绿肥,快速培肥土壤,体现坡改梯的真正内容,实现增产的目的。

(九)大关"劈石造田"与开发扶贫相结合治理模式

在喀斯特裸露石山区,发扬自力更生、艰苦奋斗的精神,劈石造梯田、梯土,扩大基本农田面积,提高耕地单产水平,解决吃饭问题,并种植经、果林,修建水窖、小水池解决人畜饮水问题和梯田、梯土的灌溉,发展多种经营,增加农民收入,加快脱贫步伐,促进乡村社会经济的发展。

这种模式在贵州全省喀斯特山区得到普及,典型也很多,其中又以罗甸大关村最为有名,即"大关"模式。其基本治理技术模式可概括为:劈石造田(土)+小水池(窖)+良种良法栽培技术+经济林+养殖业。实施步骤是以劈石造田为突破口,带动种植业、畜牧业和庭院经济的发展。

罗甸大关村位于喀斯特裸露型峰丛洼地地区,石山、半石山面积占81%,地表干旱缺水,土地贫瘠。全村1981年共1283人,共有田4.13 hm^2,石山开荒垦殖的石旮旯地84.67 hm^2,人均粮食130 kg,人均收入50元,农民生活处于极贫状态。

1981年,在村党支部带领下,发扬自力更生、艰苦创业精神,提出了"当槽开田,两山栽树,配修水池"的治理思路,以劈山造田、改土治水为突破口,拉开了生态环境治理工程的序幕。造1 hm^{2}较高标准的梯田,需开、砌石约280 m^3,回填土约200 m^3,投工800

余个，物资投入600多元。

到1996年，共建造梯田(土)69.2 hm^2，修建配套水池256个，蓄水容积1 275 m^3，人均基本农田提高到0.055 hm^2，人均粮食达到540 kg，人均收入1 008元。之后，又在山上种椿树、泡桐、杉树、杜仲等林木86万株，告别了"吃粮靠返销，花钱靠贷款，穿衣靠救济"的日子，生态环境也得到一定的改善。生态环境恶劣的喀斯特石山区的大关村，以自力更生、艰苦创业的精神探索了一条劈山造田、改善生态环境，脱贫致富的路子，得到了各级政府的肯定，成为全省学习的典范。

(十)猪、沼、粮(果)生态模式

粮食短缺和能源问题是造成生态环境建设步伐缓慢的原因之一，特别是实施退耕还林、封山育林后，农民的燃料如何解决、基本农田的粮食产量如何提高等问题。省内推广的猪、沼、粮(果)生态模式，是一种行之有效的途径。生产的沼气增加了能源供给量，遏制对植被的破坏，还可以使家居清洁化，庭院经济高效化，农业生产无害化，形成生产单元内部猪多、气多、肥多、粮多的生态良性循环，改善生态环境，增加农民收入。这种模式事例很多，如长顺已普遍推广，龙里的毛栗寨也很典型。

毛栗寨海拔1 300 m，山高坡陡，全村27户共132人，有耕地21.3 hm^2，80%是缺水缺肥的旱坡地，玉米平均产量只有约1 500 kg/hm^2，1993年全村人均粮食150 kg，人均收入300元。1993年，长顺县科技局为毛栗寨制定了"山顶生态林，山腰经果林，山脚坡改梯种玉米"的规划。首先启动农、牧良性循环，即以小额贷款方法，一次性向农户贷入商品肥，输入优质蛋白玉米良种和栽培技术，配套小水池和喷灌设施，当年每公顷产量提高到4 500 kg。然后，以玉米作为猪的主体饲料，科学养猪，将料肉比提高到3:2:1，旱地生态农业步入了"粮多—猪多—肥多—沼气"的良性循环。到

1997年,人均粮食达到848 kg,猪出栏200头,人均收入达到2 700元,40%的农户用上了沼气,种植的20多hm^2猕猴桃已经挂果。

(十一)自然保护区与森林公园建设模式

贵州地处亚热带地理位置,植被类型繁多,动物种类丰富。自然环境复杂多样。据调查,全省有高等植物近7 000种,蕨类植物700多种,其中有国家重点保护的珍稀濒危植物共计70种,有分布在贵州的国家重点树种67种,省级保护树种61种。全省已记录的脊椎动物近1 000种,约占全国种数的20.96%,野生动物中属国家重点保护的珍稀濒危动物49种。此外,还有贵州特有或稀有的动物种类19种。

贵州复杂多样的自然环境和种类繁多的野生动物植物资源,为生物多样性保护和自然保护区建设提供了良好的条件。到2000年底,全省相继建立了各种不同类型、不同级别的自然保护区66个,总面积34.825 1万hm^2,约占全省国土面积的1.98%。其中,梵净山、茂兰、草海、赤水桫椤和习水中亚热带森林等5个自然保护区为国家级自然保护区;麻阳河黑叶猴自然保护区为省级自然保护区;雷公山、龙头大山、兴义坡岗、清水河、仙鹤坪、册亨落凡、中坝水库、松官水库、台江古生物化石群、六盘水野钟黑叶猴、阿哈水库和窑上水库12个自然保护区为地(州、市)级自然保护区;其余48个为县级自然保护区。

自然保护区建设存在问题主要是:自然保护区发展不平衡,保护面积低,类型不齐全,布局不合理,保护与群众生产发展矛盾突出。

(十二)风景名胜区与生态旅游区建设模式

喀斯特形态不仅是一个地区地理景观的组成要素,而且也是构成区域景观的基本骨架和重要的自然景观资源。“桂林山水甲

天下”，桂林成为世界闻名的旅游胜地，主要就是它具有最引人入胜的塔状峰林和发育在峰林之中的地下世界——洞穴。

喀斯特景观类型的多样性在一些地区由于地表地下的独特结构，具有很好的组合优势，形成颇具旅游价值的喀斯特景区，获得较大的资源、经济与社会效益。例如贵州仅有的黄果树瀑布、龙宫、织金洞、红枫湖、㵲阳河峡谷、马岭河峡谷、樟江等 7 个国家级风景名胜区均分别由喀斯特瀑布、地下暗河、喀斯特洞穴、喀斯特湖泊和喀斯特峡谷等形态构成主景，并与众多的峰林、峰丛、石林、天生桥、溶潭、竖井、天窗等形态相辉映，以山奇、水秀、石美、洞异的景观组合闻名中外。

以黄果树瀑布为主体的喀斯特瀑布群，除了分布在黄果树瀑布周围打邦河干、支流上的 18 个喀斯特瀑布外，还有溶洞、峡谷、水上石林、天生桥相辉映，而瀑布中隐藏的长达 42 m 的水帘洞更是黄果树瀑布一绝。

安顺龙宫是以地下河水洞为主体的景区，水洞内钟乳石类沉积形态千奇百怪、琳琅满目，游船入内令人目不暇接。洞外天池、天生桥、溶洞相连，天生桥下 42 m 高的瀑布和桥上洞顶的石林，又构成了龙宫的奇。至于水洞上游的地下河时出时没，深潭相串，瀑布相随，奇丽多姿的峰林地貌的组合又别具一番风光。

以地下溶洞为主体的织金打鸡洞景区，溶洞规模宏大，洞长 6.6 km，最大洞厅高达 120 m，特别是各种钙质沉积十分丰富，类型多样，造型奇丽、千姿百态，胜过桂林七星岩洞、芦笛宴洞和杭州的瑶琳洞，有“打鸡归来不看洞”的赞誉。该景区被许多国外喀斯特专家誉为世界第一流的溶洞，堪与列入国际重点保护的前南斯拉夫托伊洞媲美。在洞外周围还有很多可供游览和研究的双层天生桥、塌陷盆地、峡谷和峰丛地貌相配合。

另外，位于大方境内乌江北源六冲河上游的“九洞天”景区，由不到 2 000 m 的伏流贯串了规模巨大的天窗、竖井、天生桥共达 9

处。桥中有洞、洞中有桥，桥下峡谷河水奔流，洞下清泉突然涌流，真是集雄伟、壮观、奇险、幽深于一体，也是不可多得的奇景。该景区被国外著名的喀斯特学者誉为世界罕见的喀斯特景观，是具有开辟成国际旅游及科学研究前景的喀斯特景点。

第七章　喀斯特生态环境建设与可持续发展

——选择与希望

1992年，在巴西召开的联合国环境与发展大会上通过的《21世纪议程》，标志着可持续发展已成为世界性的共同行动。参加大会的李鹏同志代表中国向世界做出了承诺，这是对美好的明天和子孙后代的承诺，也是对历史的承诺。

可持续发展作为一种区别于传统的发展模式，其新思路是指“既满足当代人的需求，又不损害后代人满足其需求能力的发展”，是建立在社会、经济、人口、资源相互协调的基础上。良好的生态环境和可持续利用的资源是经济、社会可持续发展的必备条件和基础。而社会、经济可持续发展，才能保持生态环境的良好和资源的可持续利用。由于贵州喀斯特生态环境已遭受严重破坏，对社会经济发展构成了现实威胁，制约了贵州社会经济的发展后劲和潜力。同时，社会、经济发展又与生态环境、资源利用失调。因此，保护和治理生态环境，坚定不移地走可持续发展道路，是贵州当前和今后经济、社会发展的客观需求和必然选择。

一、战略选择与目标

贵州作为一个典型欠发达的喀斯特省份，省域省情的基本特征是：喀斯特发育典型、分布广、山多坡陡、地表崎岖破碎，生态环境脆弱，且日趋恶化，水土流失和石漠化加剧。农用土地资源贫

瘠,耕地资源量少质差,后备耕地不足,在其“外延”开发上已近极限,“内涵”开发则隐含“额外代价”(如坡改梯等基本农田建设成本高,投入产出效益相对较低,并可能产生新的水土流失等生态环境问题等),人与耕地的矛盾突出。矿产、能源、旅游资源丰富,但开发力度和深度不够,且资源浪费和破坏现象严重。同时,贵州农业人口增长过快,对环境的压力进一步加大,社会经济发展严重滞后,与沿海地区的差距日渐拉大。省域经济、县域经济和乡村经济贫困,农民人均纯收入低,增长速率慢,人口、资源、生态环境与社会经济发展严重失调,陷入了“生态环境脆弱—人口膨胀—经济贫困—粗放开发资源—生态环境遭破坏更趋脆弱”的恶性环圈。

(一)战略选择

1.喀斯特地区可持续发展的审视

贵州是一个典型喀斯特传统农业区,严酷的贫困现实使贵州人民产生了异常强烈的发展愿望。为满足一时的经济社会发展,加之处于发展经济的初期,以东部经济相对发达地区为参照,向喀斯特生态环境不断索取,单向度的重视和追求经济增长,将环境目标让位于经济发展目标。在解决发展与资源、发展与环境中,在贵州喀斯特生态区对生态环境的治理、生态恢复、资源的可持续利用和经济贫困要同步解决的过程中,必须要跳出经济发展中出现的“高速低效”状态以及与发达地区差距仍不断拉大的“马太效应”的困惑,反思今天贫困的富饶和富饶的贫困,是探讨喀斯特生态区资源可持续利用模式的根本所在。

大自然除造就典型脆弱的喀斯特环境外,同时在贵州特定地理位置和地壳运动及水对碳酸岩作用的“搬山造石”过程中,地上形成了喀斯特奇山异石、峡谷、瀑布、湖泊、洞穴、怪泉、森林等喀斯特特殊景观,同时也构成了多姿多样的贵州喀斯特生态类型。地下古老地质地层的珍稀动植物化石和千姿百态的各类石钟乳,与

成群壮观的各类洞穴、溶洞等,以及山间峡谷流水与“一山有四季,十里不同天”的气候,天然产物的丰富及生物的多样性,在喀斯特地域上形成了世界上最壮观、最有趣的“中国式的喀斯特”独具的自然风光。如果把贵州喀斯特看成一个自然奇观的公园省,从生态经济学和社会学角度来看待,贵州喀斯特这一独特环境的多样性,具备惟一性、排他性,同时喀斯特及由此造就的喀斯特文化,给贵州人民更为丰富多彩、独特绚丽、神奇诱人的人文景观的宝贵资源和发展资本。从现代经济发展的角度来看,喀斯特的劣势也可能转变为优势,在中国全面对外开放的今天,甚至已经成为优势。

2. 可持续发展模式是喀斯特地区的必然选择

贵州喀斯特区处于老少边穷地区,生产力的发展水平低,经济文化相对落后,喀斯特自然条件不利发展传统农业,无现代化生产气势。但如果把贵州这一十分独特的喀斯特生态区放在开放、经济一体化的大系统、大格局中去看待,一方面看是劣势的东西,从另一方面看可能恰恰是难得的优势。根据加森克劳动的后进性假说理论,在工业化初期,经济发展水平越低的国家(地区),其后来的经济增长速度将会越高。后发展一方面意味着落后、不发达,另一方面也意味着可以直接借鉴他人的发展经验、生产技术和管理模式,在较高起点上利用现成的、业已成熟的技术、人才、资金、市场等各生产要素,有效地避免、避开发展初期摸索中的曲折性和盲目性,从而获得发展的高起点和较大的加速度。

贵州的“人无我有”喀斯特特色,形成丰富多彩的喀斯特地理风貌、气候类型和动植物资源,呈现瑰丽迷人的自然景观,加上引人入胜的民族风情和异彩纷呈的特色文化,一方面在现代经济中它形成了与发达地区的比较优势和后发展优势。只要选项科学、布局合理,避免重复建设,增加先进技术要素在产业及其结构成长中的贡献份额,提高产品附加值,增强竞争力,并恰当地创造自己的品牌形象,其未来发展的前景是十分壮观的。另一方面,这种后

发展优势必然要求我们在喀斯特区域内把人、社会和自然相互关联构成一个大生态系统，实施产业生态化，把作为物质生产过程的主要内容的产业活动与自然资源的消耗和环境的影响置于大生态系统，在物质、能源的总交换过程中，达到喀斯特区中的社会总供给与总需求、自然总供给能力与人类总需求水平的平衡。在喀斯特生态环境可持续利用的基础上，运用现代生态化技术改造和重组经济结构，在第一、二、三产业的各个领域实现产业生态化，达到各个产业的协调持续发展，并选准确定生态经济的支柱产业。在这种大生态系统下，针对喀斯特生态区的后发展优势，解决生存与发展在协调经济、人口、资源和环境发展的过程中，走一条生态经济可持续模式成了必然选择。

3.喀斯特地区可持续发展模式选择中要注意的问题

第一，充分理解发展经济的内涵，不能简单搬东部地区完成资本原始积累的工业化和大量消耗资源、严重污染破坏环境的发展模式。要正视自己的发展基础和不同主客观条件，及不同生产要素特点，避免形成无数个“中而全、小而全”的产业结构，导致在生产、建设和流通等各个领域中资源和利用分散且消耗多、损失消费严重、资金使用分散且周转慢、加工深度浅、产品技术低、无市场竞争力、经济增长质量和效益很不理想而形成不良循环，制约经济的后续发展。

第二，是充分认识喀斯特生态区的各类资源。当前由于人口压力大，技术、经济实力不强，对环保投入不足等原因，在可再生资源出现明显衰减态势、未能完全控制环境污染和生态破坏情况下，改变依靠传统粗放型的增长和依靠高能耗、高物耗的双高方式来实现经济的快速增长。这种仅靠拼资源、拼能耗而换来的经济的一时增长，造成建设性的破坏，将使资源的优势日益弱化，甚至变成劣势，造成后继资源日益枯竭。必须抛弃那种掠夺性地对自然资源进行过度开发和滥用等一切短视行为，彻底改变以破坏和浪

费资源为代价的发展模式。

第三,对喀斯特传统农业产业格局一时难以全面改变时,在确定农业是基础、农民是主体的情况下,对资源优势要从"地大物博"的定性阶段,进一步上升到深入、严肃的科学化的定量分析和可行性的论证,改变对资源用定性描述方法来进行经济决策。避免在发展第二、第三产业时对新的经济增长点进行遴选、评价、投资时造成失误。同时,积极推广生物技术在农业中的运用,倡导现代食物的新观念,多项目、多层次高效利用各类资源,发挥农、林、牧、渔各业的生态潜力,构建生态农场、生态农村、生态县,把现代科学成果与传统农业的技术精华结合起来,运用生态学原理和系统科学的方法,建立起具有生态合理性功能的良性循环的现代农业生产体系。

第四,认真培育喀斯特地区产业生态化的主导产业。在进行农业、工业的调整和改造时,更为重要的是要从战略的角度贯彻生态经济可持续发展模式,重新审视喀斯特生态区和喀斯特区域内的资源,进行产业结构调整,寻找新兴的优势产业和新的经济增长点。即是昨天劣势转变成今天优势的喀斯特生态环境:生物多样性的天然产物资源(种类繁多的中药材资源);独具的、丰富的喀斯特资源(类型复杂多样、奇山异景的旅游资源)。主导、转换、培育、壮大、发展这两大资源支柱产业,带动起相关的绿色产业和第三产业,构成喀斯特生态经济的产业道路。

(二)发展战略

基于上述省情和存在的问题,治理生态环境与实施可持续发展战略应遵循"控制人口,节省资源,走生态农业之路,加快农村经济发展,加大生态环境治理力度、开发与保护并重"的基本方针。制定可持续发展战略的基本思路可概括为:"围绕山川秀美和经济可持续发展的总目标,以生态建设为切入点,合理利用、保护、改善

自然资源和生态环境。以西部开发为契机,以提高效益为核心,以市场为导向,调整农业和农村经济结构,开发优势资源,培育新的经济增长点和产业。加快小城镇建设和农村工业化进程,增加农民收入,消除农村贫困。控制人口总量,抑制人口过快增长,实现贵州经济、社会、生态环境协调的可持续发展”。重点实施人口控制与人力资源开发、恢复生态环境与农业资源可持续利用、农业与农村经济结构调整以及科技教育优先发展四大战略。

1.人口控制与人力资源开发战略

贵州农业人口与脆弱的喀斯特农业土地资源的矛盾十分突出,有别于中国地广人稀的西北地区,而现实的人口自然增长率又居全国第二,仅次于地广人稀的青海。农业人口增长和农村富余劳力对生态环境压力巨大,就业问题突出。因此要把控制人口放在可持续发展的首要位置,通过贯彻国家计划生育政策,完善调整地方人口政策,争取在35年内实现人口零增长,使人口增长进入可持续发展状态。把扩大就业面、发展劳动密集型产业和农村劳动力区域流动,作为农村的核心政策和优先目标。

2.恢复生态环境与农业资源可持续利用战略

以生态建设为切入点,实施生态产业化,加快生态环境建设的步伐。治理已退化的生态环境,保护现有的和治理好的生态环境,使耕地、林、草和生物资源等得以持续利用,争取在50年内实现农业资源零退化、生态环境零退化。

3.农业、农村经济结构调整战略

寓生态建设于农村经济发展之中,调整农业和农村经济结构,培育、发展特色支柱产业。基于贵州人均粮食只有291.3 kg(2001年)的实际,农业内部产业结构调整应在稳定和提高粮食总量的前提下,提高农产品质量,特别是粮食、烟草、油料等产品的质量。把畜牧业、生态型旅游业、地道中药材和绿色产业,以及农牧林产品加工业作为农村经济支柱产业发展。其中畜牧业是最重要的产

业，它不仅顺应喀斯特生态环境，而且具有带动面宽、产业链长和能实现产业化的优势。由于农村城镇化水平低，极大地制约了农村经济结构调整，必须加快农村小城镇建设。

4.科技教育发展战略

加速发展各类教育，增强农民吸收新技术、新知识的能力。加速科技体制改革，加强科技平台建设，提高科技在生态环境建设和产业结构调整中的支撑作用。重点放在先进适用技术的引进、消化、示范和推广，加强科技推广、服务体系建设。

(三)战略目标

到2003年，重点抓好乌江流域、南盘江、北盘江和红水河流域地区的治理工作，加快贵州全省重点工程建设，工程力争在短时期内有所突破。加强水土流失和石质荒漠化的治理，坚决停止对天然林的砍伐，大力开展植树造林和封山育林，坚决禁止毁林开荒。自然坡度35°以上的坡地全部退耕还林还草，25°～35°的陡坡耕地逐步退耕还林还草，25°以下的坡地逐步实现梯化。新增水土流失治理面积83.7万 hm^2，新增造林面积120万 hm^2，治理石漠化面积16万 hm^2。坡地退耕还林(草)16.7万 hm^2，建设人工草场和改良草地22.4万 hm^2，建设农业生态示范县18个，旱作农业示范县12个，稻田节水灌溉面积发展10.7万 hm^2，旱地灌溉发展6.0万 hm^2，森林覆盖率达到34%，自然保护区面积占国土面积的3.7%。在重点区域建设一批水土保持、节水灌溉、旱作农业和生态农业示范工程。

到2010年，坚决控制住人为因素产生新的水土流失，努力遏制荒漠化的发展。生态环境特别恶劣的乌江、南盘江、北盘江、红水河干流两岸地区的水土流失治理初见成效，贵州全省森林覆盖率达到38%，自然保护区面积占全省国土面积的4.4%以上。坡耕地退耕还林(草)33.3万 hm^2，治理石漠化面积116.1万 hm^2，占

流失面积的32.2%，新增水土流失治理面积203万hm^2，坡改梯93.35万hm^2，中低产田土改造74.3万hm^2，建设40个生态农业示范县，24个旱作农业示范县和一批农村能源生态示范县。在重点区域建设生态环境预防监测和保护体系。全省基本实现小康目标，GDP在1980年的基础上翻四番多，经济增长速度与全国持平。人口自然增长率降至7%左右，农业基础基本稳定，农业及农村基础设施得到加强，农业和农村经济结构得到初步调整，资源优势向经济优势转化，以农、林、牧、渔业为原料的加工业快速发展，农村城市化水平有一定提高。大气污染、水质污染以及坡耕地水土流失、石漠化得到治理和控制，基本控制生态环境恶化的总趋势，为可持续发展奠定基础。

到2030年，在遏制生态环境恶化的势头之后，大约再用20年左右的时间，使全省的生态环境明显改观。这一时期，重点对主要支流的水土流失进行治理。综合治理水土流失面积385.7万hm^2，占流失面积的58.62%。森林覆盖率达到45%，自然保护区总面积占国土面积的6%。25°以上的坡耕地退耕50.3万hm^2，15°～25°的坡耕地基本实现梯化。新建人工草场和改良草场133.3万hm^2，坡改梯29万hm^2，改造中低产田土129.7万hm^2，生态环境步入良性循环的轨道。全省GDP增长速度高于全国平均水平，人均GDP大幅提高，与全国其他地区的差距缩小。人口自然增长率接近零增长。农业和农村经济结构趋于合理，农业及农村基础设施建设与经济社会发展相适应，生态型支柱产业发展壮大。新的经济增长点发展壮大，重大生态环境问题基本解决，整体生态环境显著改观，生态、经济开始步入良性循环。

到2050年，全面建立起基本适应生态环境与社会经济可持续发展的良性生态系统，宜林地恢复林草植被，石漠化土地恢复生态。森林面积达到并稳定在50%以上，水土流失和石漠化基本得到治理，推行产业生态化，使污染得到全面治理和控制，环境质量

进一步提高。全省基本实现山川秀美、人民富裕的目标。

二、关键问题与技术

(一)喀斯特地区人口、经济问题及调控途径

贵州人口密度已超过 210 人/km^2。目前仍以 $14/10^3$ 的速率增长,这种速率超过了改善文化教育、医疗卫生、粮食保障和能源供应等方面条件的合理的期望值。人地矛盾突出,人口、经济、资源、环境与发展问题,已成为贵州喀斯特地区实施可持续发展战略需要解决的关键科技问题之一。

1.喀斯特地区人口最大容量及经济最优人口研究

每年人口数量都在增长,而用于维持这些人口生存、改善人们生活质量和消除普遍贫困的资源总是有限的,一旦人口数量超过了可利用资源的负荷能力,它就会成为降低人们生活水平,阻碍地区社会进步的不利条件。因此,保持人口规模与资源供应之间的平衡,是实现可持续发展的一个关键性问题。主要内容有:喀斯特地区人口与资源关系评价以及人口最大容量;喀斯特地区生态经济类型及其相应经济最优人口;喀斯特地区人地关系调整的弹性系数。

2.喀斯特地区环境恶劣区异地移民的对策措施研究

贵州喀斯特地区由于自然条件恶劣,资源极为有限,生存条件极差,异地移民成为必然要求。目前,贵州喀斯特石漠化山区居住在恶劣环境里的人口约 200 万左右,他们都是移民对象,因而必须有相应的对策措施作为保障。主要内容有:环境恶劣区移民地点和移民对象的选择标准研究;喀斯特地区移民政策研究;喀斯特地区移民安置点社区建设问题;喀斯特地区异地移民移出地与移入地的成本比较研究。

3.喀斯特地区农村剩余劳动力开发及人口转型研究

贵州喀斯特地区以传统农业为主的经济结构,决定了农村人口比重极大。大量人口滞留在人均数量日益减少的耕地上,以效率低下的资源使用方式从事生产和生活,造成人口与经济关系的严重失调,农村剩余劳动力的开发及人口的转型面临艰巨的任务。主要内容包括:喀斯特地区农村剩余劳动力的存量与构成研究;喀斯特地区农村剩余劳动力的开发与转移研究;喀斯特地区人口转型问题及相关技术研究。

4.喀斯特地区农村社区规划与小城镇建设

贵州喀斯特地区土层普遍浅薄,且分布不连续,造成耕地分散、面积小、荒山半荒山多。这些地理特征加上经济社会发展的不平衡性,导致喀斯特地区人口空间分布极不均衡,具有很强的分散性特点。人口分布的这种分散性特点是与区域经济发展的集中化趋势相背离的。经济社会发展要求实施空间集中化战略,即产业集聚、人口集中与城市化发展战略,以实现生产资料配置的规模经济和人口经济的积聚效应。贵州喀斯特地区小城镇建设的滞后状况,难以适应加快发展社会主义市场经济的需要,已成为制约喀斯特地区经济协调发展的薄弱环节之一。因此,只有抓好小城镇建设,不断推动喀斯特地区城镇化进程的深入发展,充分发挥其集中、积聚和辐射等功能与效应,才能以点带面促进区域经济发展。主要内容包括:喀斯特地区人口地理分布的特点;喀斯特地区农村社区规划的相关技术研究;喀斯特地区小城镇建设的相关技术研究。

5.喀斯特地区少数民族的现代化进程与民族文化的保护和发展问题研究

喀斯特地区是少数民族聚居的主要地区,喀斯特地区的环境问题、贫困问题、人口问题、社会问题无不与少数民族的生产生活

息息相关。从人口、资源、环境协调发展的要求出发来研究民族问题,有两个重要领域,即少数民族的现代化进程与民族文化的保护和发展问题。包括:喀斯特地区少数民族文化整理保护及文化发展的模式研究;喀斯特地区少数民族文化重组与新文化构建技术研究;喀斯特地区少数民族文化与旅游资源开发技术性研究。

6.喀斯特地区选择主导产业研究

主导产业是指在经济发展的某个阶段,能对经济发展和结构调整起着导向性和带动性作用,具有广阔的市场前景和技术创新能力的产业。喀斯特地区的经济发展和结构调整,迫切需要选择这种市场需求量大,经济效益好,带动作用强,产业关联度高,技术进步快,能支持国民经济既快又好增长的产业、行业或产品,作为拉动经济增长的"龙头"。包括:喀斯特地区的主导产业的选择模式研究;喀斯特地区主导产业变更和成长的机制研究;喀斯特地区主导产业的发展方向、选择基准研究;喀斯特地区经济发展和生态环境质量之间的均衡关系研究;喀斯特地区区域经济发展和经济结构调整,如发展喀斯特地区特色农业研究等。

(二)喀斯特地区水土资源的形成过程、空间组合规律与高效持续利用

贵州喀斯特地区降水充沛,但山多坡陡谷深,喀斯特裂隙、漏斗及地下河系发育,加上土层瘠薄又缺乏植被保护,致使地表降水快速地顺坡而下进入河谷深处,或沿裂隙、漏斗进入地下河系而难以利用。喀斯特地区这种"雨多地漏"、"地高水低"、"石多土少"、"土薄易旱"等独特的自然环境,加之供水工程修建不足或修建困难,导致城镇用水、农业用水和农村人畜饮用水严重短缺,出现"工程型"缺水。

喀斯特地区碳酸盐岩广布,抗风化能力强,成土过程缓慢,土层瘠薄且不连续,土地资源类型多,垂直分异明显,非耕地面积大,

但耕地少且分散，后备耕地不足，大部分耕地为坡耕地，耕作层浅薄，现实生产力低，坡耕地的抗蚀力小，易产生水土流失和石漠化。

这种状况导致喀斯特地区可方便利用的水土资源均严重不足，成为制约喀斯特地区生态治理与可持续发展的根本原因。喀斯特地区作为一个相对独特的地域环境单元，水土资源的形成过程、组合、结构、空间分异、关键元素（如N、P、S、C等）迁移、水土资源开发利用方向、途径均有别于非喀斯特地区。

主要技术问题包括：喀斯特地下水的赋存特点及“三水”转化规律；成土过程、速率及迁移聚集规律；重要耕作土种的主要营养元素的变化及平衡途径；瘠薄旱坡耕地的快速培肥技术；坡耕地的生态改造与保土技术；坡耕地水、土、肥协调机理和人工调控技术；喀斯特地下水的成库条件及地表、地下水库联合优化调度；喀斯特地区节水农业技术与模式及示范；水土资源利用与喀斯特生态环境交互作用过程；喀斯特自然资源保护与利用；不同喀斯特地貌—生态背景区水土资源的地域组合类型（模式）及持续利用的技术与示范。

（三）喀斯特地区石漠化过程及其防治

喀斯特石漠化是在喀斯特脆弱生态环境下，人类不合理的社会经济活动，造成人地矛盾突出、植被破坏、水土流失、岩石逐渐裸露、土地生产力衰退丧失，地表在视觉上呈现类似于荒漠景观的演变过程。在强度和极强度的喀斯特石漠化地区，石漠化是生态系统退化的顶极形式。

根据1975年森林调查中的石山面积和贵州省农业区划办公室的农业资源数据分析，1974年石山面积占土地总面积的5%，到1985年贵州全省裸岩、石山地和石漠化土地面积占土地总面积的7.9%，即从1974年的8 806.4 km^2，发展到1985年的13 888 km^2，10年间增加了5 082 km^2。到2000年，中度以上石漠化面积全省

已达 13 187 km^2，占全省土地面积的 7.49%，成为难利用土地；轻度石漠化以上面积达 35 920 km^2，占全省土地面积的 20.39%；另外，尚有 43 714 km^2 的土地有潜在石漠化趋势。有资料显示，全省石漠化面积平均每年以 90 000 hm^2 的速度扩展，需采取有力措施加以保护，防止向石漠化方向发展。

喀斯特石漠化的结果不仅使石山地无林、无土、无水，而且成为丧失土地生产能力的荒漠、人类无法生存的环境，变成最贫困的地区。由于贵州石漠化主要发生在坡耕地，照此速率发展下去，贵州的一些坡耕地旱作区 50 年后将无地可耕，陷入“一方水土养活不了一方人”的窘境。因此，喀斯特石漠化的扩展意味着生态系统的崩溃，它不仅直接制约贵州喀斯特地区目前大农业的发展，而且从根本上威胁蚕食着喀斯特地区人们的生存环境，更谈不上区域的可持续发展。因此，探求喀斯特地区石漠化的发生发展规律，就喀斯特石漠化的整治技术开展攻关，筛选实用技术并推广实施已刻不容缓。

主要科技问题有：石漠化的地质地理过程；石漠化的发生类型、成因、机理、分布格局及态势；石漠化过程中主要元素的迁移、积聚特征；石漠化过程中的人类活动效应与调控途径；石漠化整治的关键技术，如石漠化治理的先锋植被品种的选育技术、石漠化地区（造林困难地带）的营林（草）技术；不同地域石漠化的治理模式及相应技术集成与试验示范等。

（四）喀斯特地区退耕还林（草）问题与大农业复合生态系统发展

贵州退耕还林还草任务重，时间紧，到 2010 年需退耕约 26 666.7 km^2。退耕还林还草是贵州也是中国整个西部大开发战略中生态建设的重要内容，是西部各省（市、区）所面临的共性问题。在退耕还林还草中，一些共性关键技术可以通过联合攻关来

解决,实行成果共享。贵州是中国喀斯特高度发育的地区,是一个相对独特的地域环境,在退耕后,林、草的种植深受喀斯特钙性环境的影响,林、草植被的生长具有一定的独特性,一些与喀斯特有关的地域性关键科技问题尚未解决。

主要科技问题有:喀斯特退耕还林(草)区土地利用、覆盖变化与水土流失规律研究;喀斯特退耕还林(草)区环境背景值与特色(优势)经果药林生长的相关性研究;喀斯特退耕还林区速生丰产林营造技术及示范;喀斯特退耕还林区经果药林规模化栽培模式与技术及示范;喀斯特退耕还林(草)区(中高山及峡谷区)立体农业、生态农业发展模式与配套技术及示范;喀斯特退耕还林(草)区人工草地种植与草饲动物的发展与管理技术;喀斯特退耕区农林牧果(药)复合经营模式的建立与生态经济效益的优化调控技术及示范等。

(五)喀斯特荒山荒坡退化生态系统的恢复与重建

喀斯特荒山荒坡生态系统退化现象严重,同时,喀斯特荒山荒坡多属少数民族集聚区,就业门路少、交通不便、贫困面广、缺乏新的支柱产业,是国家的重点扶贫区。因此,对这些地区应探索新的植被恢复与可持续发展模式,采取由点到面、先易后难、治理开发相结合的原则,把荒山荒坡退化生态系统的恢复重建与非耕地资源的合理开发利用结合起来,使当地群众在荒山荒坡退化生态系统的治理过程中获得经济收益,增加群众绿化、开发荒山荒坡的积极性,推动农村的多种经营和喀斯特地区社区经济的发展。

主要研究工作包括:低效林草地的生产力恢复与改良技术及试验示范;植被自然恢复的管理与利用技术;经济型防护林配套种植技术;主要优势适生林草的常见病虫害预测、预报与防治技术;喀斯特荒山荒坡(非耕地)生态经济林、草的多种经营模式与技术及效益评估等。

（六）喀斯特潜在生态退化区生态系统的保护与持续经营技术及示范

贵州喀斯特地区碳酸盐岩系发育典型，成土过程缓慢，土层浅薄且不连续；同时，喀斯特地区地表裂隙、漏斗、落水洞等十分发育，地表降水极易转入地下深处而流走，致使地表可供有效方便利用的水土资源均严重不足，植被生境严酷。另一方面，以碳酸盐岩为成土母岩的土壤，含有较多的 Ca、Mg、Si、Al 等亲石元素，而有利于植被生长的 N、P、K、B、I 等亲生元素较少，土壤多呈中性至微碱性。这类土壤对植被有较严格的限制作用，喜酸喜湿植被不易生长，植被多具嗜钙性、石生性特点，植被生长缓慢、生物量小、覆盖率低，群落结构相对单一，抗干扰能力弱。这些特点决定了以植被为核心的喀斯特地区生态系统本底具有高度的脆弱性，即使是目前生态系统良好的区域（如天然林保护区、自然保护区等），也极易因受干扰而退变。

因此，对这些地区应就以下问题开展攻关：喀斯特防护林区生态系统的快速恢复技术与有效管理模式；喀斯特地区"天然林资源保护工程"的持续经营技术与示范，如喀斯特地区天然林结构和功能恢复的效益调控途径与技术，喀斯特地区"天然林资源保护工程"实施区经济发展替代途径与模式，喀斯特地区"天然林资源保护工程"的管理模式与持续经营技术及示范；生物多样性保护与持续利用技术和模式；喀斯特自然保护区和森林公园生态旅游开发与社区综合发展模式的建立，如喀斯特自然保护区和森林公园生态旅游的评估、设计与布局，喀斯特自然保护区和森林公园生态旅游开发示范，喀斯特自然保护区参与式管理与社区发展的协调途径等。

（七）喀斯特城市（镇）及重点工矿区生态系统保护与修复

随着人口的聚集、交通条件的改善及社会经济的发展，贵州喀

斯特地区出现了许多新兴城市(城镇),这些城市(镇)在喀斯特地区起到了经济增长级的作用,推动着当地经济社会上台阶。同时,城市化过程的快速发展使城市地域的土地利用、覆盖变化显著,原属自然生态系统的地域变异为城市人居系统,部分城市地域的自然生态系统结构、功能、稳定性受到人类活动有意或无意的干扰而退变,城市人居区生态系统质量降低甚至失稳,进而威胁到城市地域的生态安全和城市的可持续发展。

贵州喀斯特地区资源丰富多样,部分优势资源如水能资源、煤炭资源、铝及磷等矿产资源、生物资源、旅游资源等在全国占重要位置,是国家的重点开发区。如在 2000 年国家确定的新世纪首批 7 个“西电东送”项目中就有 3 个分布在喀斯特发育典型的贵州乌江流域(洪家渡、引子渡及乌江渡扩容工程)等。这些大型的工程项目以及许多地方性的资源开发项目(如乡镇煤矿、硫磺矿、铅锌矿)对当地的生态环境造成了很大影响,尤其是采矿区出现了许多迹地,造成局域性的生态系统退化,影响到工矿区的发展。

因此,应围绕以下内容开展研究:喀斯特地区城(镇)市化过程与城市生态安全,如喀斯特城市化过程中的生态环境变异规律及效应、喀斯特城市的生态安全标准及评估体系;喀斯特城市生态环境容量及调控技术,如典型喀斯特城市生态环境最大容量与最优容量、喀斯特城市生态环境容量的人工调控技术与对策;喀斯特城市和工矿区退化生态系统的生态优化设计理论、方法、技术与修复途径,如喀斯特城市和工矿区生态系统景观的优化设计、喀斯特城市和工矿区退化生态系统的修复技术、途径与示范等。

(八)喀斯特地区可持续发展综合实验区建设途径与示范

在喀斯特地区选择一系列不同本底条件的典型地域进行可持续发展综合实验,在实验过程中,围绕所预订的可持续发展目标,不断补充修正相关的保障体系和政策,使之不断完善成熟,具有可

操作性，总结成功模式进行广泛推广实施。

三、基本对策与保障

（一）基本对策

可持续发展是社会与自然关系的变革，是以保护资源与环境为前提对社会进行革新，调整好人口、资源、环境、社会经济间的关系。因此，基本对策的思路是保护和治理已经受到破坏的生态环境，增加可持续发展的供给保障能力；对社会经济进行调整，逐渐对生态环境减压，使社会经济与自然资源、生态环境协调发展。

1.控制人口增长，提高人口素质，盘活人力资源

贵州喀斯特地区人口密度大、素质低，农业人口比重过高，这不仅带来了一系列经济社会问题，也是造成贵州喀斯特地区生态破坏的主要原因。因此，把解决人口问题摆在治理生态环境、实施可持续发展战略的首要位置，实施以控制人口数量、平抑人口增长过快为突破口，降低农业人口比重，提高人口素质，盘活人力资源的策略。

1)控制人口过快增长

近年来，贵州的人口自然增长率一直保持在 $14/10^3$ 以上，比全国平均水平约高 5 个千分点，居全国第 2 位，而国内生产总值增长速度却只接近全国平均水平。快速的人口增长和相对滞缓的经济发展水平与全国形成巨大的反差。显然，人口过快增长对于一个生态环境脆弱、人均资源占有量相对较小、经济基础差、发展滞后的喀斯特地区而言，无疑是一个巨大的压力。目前，贵州人口已达 3 798.51 万人(2001 年末)，人口密度不仅高于全国平均水平，而且也超过当前生产力水平下喀斯特地区的合理人口承载量，导致喀斯特地区陡坡垦荒屡禁不止、退耕还林还草难度大。因此，除

认真执行国家计划生育政策外,还要创新控制人口增长的机制,完善、调整人口政策,首先要把人口增长率减下来,不仅控制在 $14/10^3$ 以下,而且要尽快向 $7/10^3$ 靠近,争取 2035 年达到零增长率,促使人口与环境和社会经济相协调。

2)降低农业人口比重

贵州 86.02%的人口为农业人口(2001 年末),贵州生态治理的重点和难点在农村,农业人口比重过大对脆弱的生态环境和有限的资源构成了直接压力,降低农业人口比重势在必行。根据贵州社会经济发展规划和喀斯特地区的实际,争取在 2010 年前把农业人口降低到 70%以下,2050 年时降低到 50%以下。要实现这一目标,除了调整农业产业结构,加快乡镇企业和第三产业发展外,最迫切最重要的是加快农村小城镇建设。小城镇作为农村商品集散地,有助于农民增收致富,有助于农村社会进步和经济持续快速发展。小城镇较优越的能源、交通、通讯条件,有助于改善农村投资环境,农民进城(小城镇)经商办企业,减轻农业人口对资源环境的压力。

3)提高人口素质

据第五次人口普查资料:全省 10 万人中,大专及以上的有 0.19 万人,仅占 1.9%,比全国平均水平约低 1.7 个百分点;高中生 0.56 万人,占 5.6%,初中 2.05 万人,占 20.5%,小学 4.36 万人,占 43.6%;而小学以下的人口达 2.84 万人,占 28.4%,比全国平均水平高 12 个百分点,其中 15 岁以及 15 岁以上的人口文盲率 19.92%,比全国平均水平约高 13.2 个百分点。人口素质偏低给社会进步和经济发展带来障碍,因此必须采取多种形式增大投入(如试行发售教育彩票等),扩大办学渠道,发展各类基础教育和成人职业教育,特别是农村实用技术教育。每个县(包括有条件的乡镇)都应办一所农民实用技术综合培训中心,分期分批对农村尤其是青壮年农民开展基础文化教育和实用技术培训,争取使每个农

户都能掌握一到几门技术,以全面整体地提高农民素质。

4)加快剩余劳动力转移,盘活人力资源

贵州全省农村人均耕地只有 0.054 hm^2,只相当于全国平均水平的 60%,剩余劳动力资源十分丰富,按 1998 年抽样统计推算达 700 万人以上。加快剩余劳力转移,盘活人力资源,不仅可以给贵州资源环境减压,而且将极大地加快贵州农业社会经济的发展,因此必须抓紧抓好这件事:一是实行劳动积累制度,即通过生态环境建设(如植树造林等)和基础设施建设,把剩余劳动力资本转化为基础设施工程,增加贵州生态环境的支撑能力和区域可持续发展后劲;二是通过乡镇企业和第三产业发展,吸纳剩余劳动力;三是要把劳务输出当成一个产业抓,从摸底、培训到建立劳务市场,开拓劳务市场,引导、劳务输出和管理构成一个体系,大力开展劳力输出。

2. 调整农业和农村经济结构,加快农村经济发展

调整农业和农村经济结构、促进农村工业化、转移农村就业人口、消除贫困是扭转人口、社会、经济发展与生态环境失衡的基本对策之一。在目前国内、省内主要农副产品总量供应相对充裕和国家实施西部大开发战略之机,调整农业和农村经济结构正是适逢其时。

1)调整农业经济结构,走生态农业之路

(1)调整大农业内部各业发展取向,优化农业产业结构。正确选择大农业内部各业的发展取向,处理好农、林、牧三者之间的关系是生态农业建设和农村经济发展的重大课题。从农业发展目标、喀斯特生态脆弱性和经济落后的实际情况分析:喀斯特地区的农业基本上是"自给型农业",喀斯特地区的林业基本上是"防护型林业",畜牧业是"效益型畜牧业"。因此,农业内部产业结构应从现在的农、牧、林逐步向牧、农、林方向调整。

(2)"自给型"农业。农业发展的目标是以解决吃饭问题为度,

并提高农产品比较效益。在确保粮食总量增长,粮食完全自给的前提下,调整种植结构,提高烟、油等经济作物的比重和质量,同时把目前的“粮、经二元结构”逐步调整为粮、经、饲三元种植结构,发展饲料产业。因此,以基本农田建设为手段,建设粮食生产基地,走传统精细农业与现代农业科技相结合的“两高一优”可持续发展生态农业之路,提高单产水平和产品的品质,使农民增收,并为退耕还林创造条件。

(3)“防护型”生态林业。非喀斯特地区可建设速生丰产的商品林基地。在喀斯特地区,由于石质山地分布广,林业多是防护型林业,建设途径以封山育林为主,人工造林为辅。在防护林建设中,提高经济型防护林比重,在退耕地上发展效益型林业,扩大经、药、果林比重。根据林地生态环境多样性,发展药材及其他名、特优产品,提高林业的经济效益。

(4)“效益型”畜牧业。贵州喀斯特地貌发育,具有“八山一水一分田”的地表结构,耕地资源量少质差,而荒山荒坡面积广阔,开发潜力巨大。贵州的希望在山、潜力在山、出路在山,贵州生态建设与可持续发展的着眼点也在山。贵州湿润的气候条件有利多种牧草(灌)的生长,宜于发展牛、羊为主的食草型畜牧业,不仅符合贵州喀斯特地区林草资源的分布特点和产业发展要求,而且具有投产周期短、见效快、效益高、产业化前途大的特点,有望成为贵州农村经济增长点。但目前贵州畜牧业发展中存在着原料品种多,当家品种、优良品种少,畜产品的出栏率、产肉率、商品率不高,畜产品结构单一,效益有待提高,畜牧业在农业中的比重和牛羊在畜牧业中的比重偏低,畜牧业总体规模偏小,部分地区草地超载和草场退化现象严重等诸多问题,为此在畜牧业发展过程中:一要搞好出栏率高、产肉量大、肉质营养可口的优良品种选育、引进和培育,提高优良品种在畜群结构中的比重,加快贵州良种繁育体系和动物保护体系建设;二是在稳定生猪生产的同时,加快牛、羊肉生产,

特别是奶牛和独具特色的畜禽产品生产，提高养殖业在农业中的比重，使之由目前的26.8%上升到超过农业产值，同时大幅度提高牛羊在畜牧养殖上的比重；三是因地制宜，分类推进，在喀斯特平川地、丘陵粮作区，重点发展秸秆型畜牧业，在西部喀斯特地区，重点发展草地畜牧业；四要协调好草地开发与生态建设的关系，科学地调控各地的载畜量，加大退化草地的治理力度，逐步扩大人工草地面积，建设一批高水平的饲料基地；五要注重创品牌、增效益，推动畜牧业的产业化发展，搞好畜产品的开发、包装和宣传，促进贵州"原料型"畜牧业向"加工增值型"、"效益型"畜牧业转变，以提高畜牧业的比较效益。

2)调整品种结构，提高产品质量

调整农业品种结构是解决部分农产品"卖难"价低的关键措施，也是实现农业产品优质化的关键，而且具有投入少、见效快、效益好和易被农民接受的优点。因此，要立足于贵州资源优势和区域优势，搞好具有地方特色的优势农产品开发，与此同时，加快引进、选育和推广优良品种，大力开发高附加值的特色产品，逐步实现农产品的优质、高效。重点应放在种植面积大的粮、经作物和畜禽品种上。

3)优化农业生产区域布局

根据各地的气候土壤特征及区位、资源条件，因地制宜，优化农业生产区域布局。在喀斯特城市或工矿区，要多种经济价值高的作物，如蔬菜、花卉苗木等，实现农业的优质高效。在喀斯特平坝地等传统的粮作区，通过结构调整和精耕细作，提高单位面积产量和粮食综合生产能力。

在广大的喀斯特生态脆弱区，要加强以林、草为重点的生态建设，发展绿色产业。一是抓好还林还草返耕。要严格执行《水土保持法》等法规条例，对贵州目前16.7万hm^2，35°以上的陡坡耕地，通过"以粮代赈"、"异地转移安置"等多种途径，3年内全部退种；

对25°～35°的坡耕地，要分情况处理，人均基本农田在0.053 hm^2以上的地区要退耕还林还草，人均基本农田低于0.053 hm^2以下的地区则要加大坡改梯的力度，搞好配套建设；对25°以下的坡耕地，也要逐步梯田（土）化，一时还不能梯化的，要实行等高耕作和间作套种，坚决杜绝易产生严重水土流失的顺坡耕作方式。到2010年全省坡耕地退耕要达到33.3万hm^2，坡改梯93.35万hm^2。到2030年，25°以上坡耕地返耕50.3万hm^2，新增坡改梯29万hm^2。二是落实有关对天然林禁伐地区的停伐企业和小型木材加工厂的各项扶持政策。三是抓好重点林业生态工程，特别是“长防林工程”、“珠防林工程”等，加大封山育林、飞播造林、人工造林力度，加快荒山绿化，争取在2010年全省森林覆盖率超过38.5%，2030年达45%。四是抓好商品林（药、果）基地建设，大力发展绿色产业。

4）发展农产品加工，推进农业产业化经营，强化生态农业的利益驱动机制

实施农业产业化和发展合作经济（不是集体经济）是继家庭联产承包责任制以来的又一次重大而深刻的变革，是推进贵州农业和农村经济实现两个根本性转变的有效方式，是实现大农业生产多层次转化增值、提高生态农业比较效益和加快农民致富的重要途径。在推进农业产业化过程中：一要考虑贵州喀斯特生态环境脆弱性这一特征，注意生态环境的保护，协调好“产业”与“生态”的关系，走生态型农业产业化之路。二是以市场为导向，立足对现有加工能力的改造、提高，加快农业产品加工、保鲜、贮运技术和设备的引进、开发，使贵州农产品加工业有一个大的发展提高。三是扶持壮大龙头企业，增加加工业的带动能力。龙头企业内联千家万户，外联广阔市场，具有组织生产、开拓市场、加工增殖等综合功能，建设好一个龙头企业，就能带动一个或几个产业，振兴一方经济、富裕一方农民。因此要千方百计加大对龙头企业的扶持力度

和政策倾斜，如在项目立项、审批贷款、外经贸等方面给予优先考虑。四是政府的相关部门要协调搞好农业产业化经营的产前、产中、产后服务。

5)以小城镇建设为依托，加快农村乡镇企业发展，优化农村劳动力就业结构

贵州农村剩余的劳动力多，就业门路少，生态环境面临的压力大，农村社会经济发展滞缓等诸多问题在很大程度上是由于农村小城镇建设滞后和乡镇企业发展不足造成的，应根据各地已有的基础、区位条件和资源优势，加快小城镇建设步伐，发展各具特色的乡镇企业和第三产业，推动农村剩余劳动力向第二、第三产业转移，这是给生态环境减压、实现农民增收、解决农村一系列深层次矛盾的根本途径。根据贵州实际和社会经济发展规划：①要高度重视小城镇建设对生态治理和农村社会经济可持续发展的重要性，把小城镇建设作为“党政一把手工程”来抓。首先是对茅台、新舟、虾子、威舍等 21 个国家建设部和省级的试点镇进行“重点培养”；其次要把小城镇建设铺开来，要求每个县都抓 2～3 个小城镇，使全省小城镇建设试点扩展到 200 个以上，充分发挥小城镇的辐射带动作用；第三是搞好小城镇规划。制止盲目攀比和雷同化建设，防止小城镇建设造成新的生态破坏和资源浪费；第四是搞好引导，主要依靠市场机制来建设小城镇，把小城镇建设同农村市场建设、乡镇企业建设结合起来。②大力发展乡镇企业，尤其是“名、特、优”农副产品加工业，依托优势矿产资源发展建材、矿产、冶金、轻工等乡镇工业。③是加快农村商贸(以集贸市场贸易的形式)和交通运输业的发展，解决农民“买难卖难”的问题，密切城乡关系，拓宽城乡市场，实现农村劳动力就业结构的优化和农村产业升级。

6)培育“生态型”支柱产业

良好的生态环境是社会经济持续稳定发展的基础，在追求经济发展目标时，要兼顾生态效益、社会效益与经济效益的统一，以

生态治理为切入点，寓生态建设于经济发展之中，发展生态产业，培植新的经济增长点和支柱产业。根据贵州喀斯特地区的资源条件，可重点发展以下“生态型”产业。

(1)生态旅游业。生态旅游符合近年来在游客中十分兴盛的“崇尚自然”返朴归真的旅游心态，是国际、国内旅游业发展的一个重要方向和趋势。贵州作为全国闻名的“公园省”，生态旅游资源丰富多样，发展生态旅游业得天独厚。根据贵州生态旅游资源的性质、内涵，重点发展以下三类生态旅游。

风景名胜区的生态旅游：贵州有 8 个国家级风景名胜区，40 个省级风景名胜区和上百个县级风景名胜区，是中国旅游资源最丰富的省份之一，开发利用好这一笔宝贵资源，对振兴贵州经济具有重要意义。但这些风景名胜区多位于喀斯特地区，环境本底脆弱，在旅游开发过程中稍有不慎，就会破坏原有的景源。因此，贵州风景名胜区的旅游开发应以生态学原则为指针，以保护和观赏生态环境和自然资源为取向，开展一种既能获得社会经济效益又能促进生态环境保护，增强人们环境意识的旅游活动。旅游形式可以多种多样，如登山、探险、观瀑、漂流、温泉浴等。目前关键是要制定风景名胜区的生态旅游规划，精心编制生态旅游线路，与邻省区开展横向联合，建立生态旅游网络，发展专题生态旅游。

自然保护区的生态旅游：贵州自然保护区种类多(有原生性环境类型，如梵净山、雷公山等；有自然历史遗迹和风景类型，如红枫湖风景区等；有生物种源类型，如螺丝壳水源林保护区等)，级别品位高(如梵净山是中国最早进入国际地圈—生物圈计划保护网的自然保护区，茂兰喀斯特自然保护区为地球上同纬度现存最好的喀斯特森林植被等)，有优美的自然环境和丰富的动植物资源，是开展生态旅游的良好场所。开展自然保护区的生态旅游既可增加当地人的收入，又可以增强人们的生态意识。开展自然保护区的生态旅游：一是应坚持“合理布局、重点开发”的指导思想，针对不

同类型的自然保护区,根据生态环境旅游资源的特点,选择特色突出、市场潜力大的自然保护区优先开发,避免盲目建设、遍地开花的现象。二是对自然保护区要进行严格的功能分区。核心区是绝对保护地段,除进行有限度的科研考察外,禁止开展任何旅游活动;缓冲区也只能定时定量开展较小规模的旅游活动;缓冲区外围(试验区)则可根据各保护区的自然条件和旅客的需要,在一定范围内设立专项疗养院,开辟专门生态旅游,并配合生态科普宣传,确保旅游开发中的生态效益和社会效益。三是组织开展自然保护区的特色生态旅游,如金秋草海保护区的观鸟旅游、百里杜鹃的赏花旅游、茂兰亚热带喀斯特森林生态游、赤水桫椤保护区的科学考察游等,办出自然保护区生态旅游的特色和名气。贵州在自然保护区开展生态旅游不应仅仅局限于眼前所获经济效益的多少,而应从长远的观点来看这一问题,要注重创品牌、树形象,提高贵州在国内外的知名度和自然景源、自然保护区的美誉度,以获取更大更持久的综合效益。

生态农业旅游:主要类型有观光农业、生态农庄等。根据贵州喀斯特地区的实际,应以发展生态农庄游为主。这是一种以开发荒山荒地发展种植和养殖业为中心,集生态建筑物(农居)生产生活体验、生态建设、休闲、娱乐、度假、观光旅游经营为一体的生态农业,是生态旅游业发展的重要内容和方向。贵州夏天气候凉爽,又有许多在国内具有垄断地位的喀斯特景源和多姿多彩的民俗旅游资源相配套,加上地处浅内陆,距新加坡、马来西亚、泰国及我国香港、澳门、台湾等地相对较近,发展生态农业游对于久居城市的居民特别是对全年气候炎热的新加坡、马来西亚、泰国及我国香港、澳门、台湾等东南亚新兴工业化国家和地区的游客具有很大吸引力,发展潜力大。生态农庄建设前期投入较大,但中后期的社会、经济、生态综合效益显著。考虑到贵州财力问题,可先选择区位条件好、交通相对便捷的喀斯特荒山地进行试点,待条件成熟时

再逐步扩大。也可以通过制定相关的优惠政策(特别是荒山租赁开发方面)来引导企业或社会力量发展生态农庄旅游业。

(2)道地中药材基地建设与中药现代产业(中药产业)。贵州素有“川、广、云、贵,道地药材”之誉称,中药资源十分丰富而且品质好,表现在:一是品种多,全省中药资源共4 290种,其中药用植物3 924种,占全国总数的23.52%,在全国统一普查的363种重点品种中,贵州有分布的326种,占89.61%;二是产量大,中药总(产)储量达6 500万t,其中植物药达195万t;三是有一批名贵珍稀药材和道地药材。道地药材量大质优,知名度较高,如珠子参、天然冰片、天麻、杜仲、厚朴、石制、吴茱萸、黄柏、银杏、半夏、山药、金银花、五倍子等产量大,品质佳,在国内外享有盛誉,是中国中药资源的四大主产省份之一。但贵州中药产业发展不理想,面临着诸如天然药物资源遭受破坏,部分大宗药材和贵重药材产量下降,一些道地药材品质退化,缺乏高水平的商品药材种植基地,种植品种雷同化,中药加工企业中的龙头企业不强,中药产品的科技含量不高,企业生产标准有待规范,缺乏在全国有影响的知名品牌等问题。2001年,贵州从事中药生产的厂家有182家,但总值只有40亿,与中药资源大省的地位不相称,距作为全省支柱产业应达到贵州生产总值的5%的目标相距甚远。为此,在培植中药支柱产业时:一是加强领导,搞好协调,组建贵州中药产业化领导小组;二是慎重确立主导品种(如天麻、杜仲、半夏、五倍子、石角斗、黄柏、金银花等),合理规划,建立一批各具特色的高水平商品药材基地;三是因地制宜选择经营模式,如“公司+基地+农户模式”或“政府+公司+专家+基地+农户”模式等,协调利益分配;四是扶持壮大龙头企业:五是提高产品科技含量,尽快组建贵州中药新产品研制开发中心,改善贵州中药产品开发的结构、类型,在侧重“治疗型产品”开发的同时,要重视以中药资源为基本原料、目前市场销量前景看好的保健型产品和“功能食品”的开发,严格按GMP标准

规范组织生产，提高中药产品的开发档次和附加值；六是加强中药资源及其自然生态环境的保护（如建立“天然药物自然保护区”等），建立种源保存和驯化基地，实现中药资源的可持续利用。

(3)绿色食品基地建设及加工业(绿色食品业)。绿色产业是贵州颇具特色的产业，与云南的“18”工程和安徽的治淮工程一起，属国家特殊贷款扶持项目，应加快发展。根据贵州绿色产业发展规划，选择那些具有国内或省际相对资源优势的品种，如猕猴桃、刺梨、魔芋、茶叶、辣椒、生姜等作为绿色食品优先发展项目，这些项目的种植开发与农村联系面大、联系紧，其产业化开发对贵州荒山绿化、生态建设和农民致富、培育新的经济增长点有重要现实意义，是贵州产业结构优化调整的重要方向，又因是绿色产业而属朝阳产业，市场前景广阔，开发潜力大。但目前贵州这类产业规模偏小，其应有的生态效益、经济效益和社会效益尚不突出，急需大力培植。争取在2002～2003年度中，猕猴桃产业的年产值达10亿元，魔芋产业达12～15亿元，刺梨产业达3～5亿元，茶叶产业达25亿元，辣椒产业达15亿元，生姜达5亿元。要实现这一目标，除了搞好基地规划建设、合理引导、政策倾斜、加大投入、抓好精深加工和绿色产品信息网络建设等措施外，尽快组建贵州绿色产业集团，以集团军的形式去冲击国内外市场、抢占市场份额、树立贵州“绿色产业”概念、创建绿色产业驰名品牌，是促进贵州绿色产业大发展的重要一环。

(4)以竹代木加工业(竹产业)。竹子具有适生性强、成林快、收效快、用途广等特点，发展竹产业(竹笋及其加工、竹材及其加工)，将加快贵州荒山绿化和农民致富进程，有利于造林成果的巩固和天然林的保护。应将竹产业作为一个潜力大的支柱产业加以培植：一是以市场为导向，因地制宜选准竹产业发展方向，有些地方可以发展以食用竹笋为主的竹产业；二是建设一批高水平的商品竹基地，如赤水河流域楠竹基地，湄潭、余庆、凤冈等地的方竹基

地，南盘江流域的麻竹基地等，同时大力鼓励农户在自己的房前屋后种竹子；三是搞好系列产品的加工，如竹菜板、各种竹笋食品、竹沥、竹制家具、竹制工艺品、竹地板、竹制建筑材料等，加快以竹代木步伐。

3.以西部大开发为契机，加快喀斯特地区生态环境建设步伐

国家已把生态建设作为西部大开发战略中的主要内容，贵州应抓紧这个千载难逢的历史机遇，加快生态环境建设步伐，恢复提高生态环境的承载能力，尽快实现生态环境与社会经济发展相协调。

1)全面科学规划、创新运行机制

科学地制定喀斯特地区生态环境建设与可持续发展规划，以《中国21世纪议程》和《全国生态环境建设规划》为指导，根据《贵州社会经济远景发展规划》和《贵州生态环境建设规划》的要求，制定贵州喀斯特地区生态环境建设与可持续发展规划、长江流域和珠江流域生态建设与可持续发展规划，并同县、乡、村区域生态环境建设与可持续发展规划结合，形成以流域(或行政区域)为单元的不同层次不同尺度的生态环境建设与可持续发展规划体系。分期分批实施，避免生态建设与可持续发展工程实施的盲目性和一哄而上的现象。

贵州喀斯特地区是中国南方典型的生态脆弱区，生态环境恶化严重，已日渐引起党和国家的关注，成为西部大开发中生态建设的主战场之一。贵州应抓住机遇，精心准备和实施生态建设项目，适当超前和高起点地准备一大批关系全局和大区域的生态建设项目，准备论证材料，建立生态建设项目库，积极争取国家及有关部门的倾斜支持；组织实施承办一批跨区域、跨省区的大型生态建设的骨干项目，建设“精品工程”、“名牌工程”。同时，创新生态建设运作机制，调动生态建设参与各方的积极性。

(1)根据生态建设项目特点,组织实施承包体制创新。大中型生态环境建设项目,可采取业主承包的形式,由计划、农、林、水、牧等部门组成业主集团,也可由政府、社会、农民等不同成分构成的有限责任公司承担造林、种草等生态建设工程。项目实施中采取项目集成与叠加,促进整体效益的显现。对纯生态型的公益项目,应依靠政府行为,层层落实任务,实行以奖代补、以工代赈,投入配套,以资带劳等方式,用机制活力弥补资金的不足,用政策效应调动各方的积极性。对经济效益比较高的项目,可支持、鼓励、引导农民群众股份合作开发、合伙开发和个体开发经营,形成以“公司+农民”为主的开发经营方式,使农民群众成为投入的主体之一。

(2)全面放宽放活对喀斯特荒山荒坡的经营管理。允许荒山荒坡使用权60年或更长时期不变。把荒山荒坡以承包、租赁、“反租反包”、拍卖等形式转给开发者,对一些治理难度极大的地块可无偿划拨。对开发治理后的荒山荒坡地允许继承、转让和拍卖,建立规范的转让、拍卖市场。对依托荒山荒坡地开发治理开展的农副产品加工业,在一定期限内减免税收。在放宽政策的同时,要建立相应的约束机制,对已经承包、转让、拍卖、划拨的荒山荒坡地,要求对开发方式和治理期限进行检查,限期不治理、不开发的要收回转卖或转包,并收取治理延缓费。同时,要切实保护好承包租赁业主的合法权益,对在喀斯特荒山荒坡地开发治理成效显著的业主给予表彰奖励,以充分调动开发治理主体主动治理和保护土地的积极性。

2)以生态建设为中心,保护和恢复林(草)植被

按照“退耕还林(草),封山绿化,以粮代赈,个体承包”的方针,加快生态建设步伐,早日实现山川秀美的总目标。由于贵州雨热条件较好,在排除人为干扰的情况下,恢复生态植被工作从自然条件和恢复技术上都没有什么大的困难。真正的难点是封山、退耕后,农民的吃饭、烧柴怎样解决?劳动力就业怎样解决?从过去比

较成功的经验看,贵州的生态建设要尽量与农业和农产品结构调整相结合,建设绿色产业基地、中药材基地、生态产业基地等,有条件的防护林建设也要考虑经济防护林。除公益林外,生态建设寓于经济发展之中是一条成功的经验。

(1)有计划地返耕还林(草)。按照国家有关规定,有计划地分期、分批,先易后难,把坡度大于25°首先是大于35°的坡耕地退下来。

(2)切实加强天然林资源的保护和防护林建设。重点加强长江流域干支流两岸、江河源头以及生态脆弱区的天然林保护,严禁采伐,大力营造生态公益林,增加森林植被。继续实施好本省长江中、上游防护林体系工程、珠江防护林体系工程建设,为治理长江和珠江流域的水土流失做出贡献。

(3)恢复和扩大喀斯特地区的林草植被、控制石漠化扩展趋势。采取以封山育林为主、人工造林和飞播为辅的措施,恢复林草植被,以达到保护农田和人类生存环境的目的。因地制宜采取不同的措施:石山区岩石裸露率达70%以上,土壤极少,以封山育林育草为主;白云质砂石山区土层极薄,以砂粒和石粒为主,立地条件很差,以封山育草为主,有条件的局部地段采取人工植树后封山育林,以防护林为主;半石山区岩石裸露率在30%~70%,土壤少,土层薄,在立地条件较好的地段,采用人工造林,并以生态经济林为主,条件差、岩石裸露率较高的地段采取封山育林,以生态林、水保林为主;石旮旯土区水土流失严重,石漠化速率高,应采用混农林业复合经营方式,增加植被覆盖(如种金银花、花椒等),控制水土流失;工矿型石漠化区主要是由于地表破坏,大量工矿废渣堆积所致,要及时采用人工造林的方式对土地进行复垦;石漠化潜在危害最大的陡坡区(>25°),自然陡坡区以封山育林草为主、人工造林为辅,陡坡旱作区逐步退耕还林还草,实施农林复合经营或坡改梯。

(4)扩大各类自然保护区面积、保护生物和生态系统多样性。截至2000年底,贵州建有各类自然保护区66个,其中国家级保护区建设取得了很大成绩,但与贵州复杂多样的自然生态环境相比,无论是种类还是面积都存在不足。为保护贵州生物和生态系统多样性,必须增加贵州自然保护区类型和面积,如以龙里亮山、贵定山等为代表的贵州湿地类型,红水河谷天然季雨林区(热带植物分布最北的"飞地")等。2010年全省争取建成不同类型不同级别的自然保护区153个,总面积7 838 hm^2,占全省国土总面积的4.45%。力争到2010年全省森林面积达到652万 hm^2,森林覆盖率达到38%。

3)工程梯化和植物篱梯化治理坡耕地水土流失

贵州水土流失中90%来自坡耕地,突出对旱坡耕地的治理,不仅抓住了水土流失治理的关键问题,而且救治了宝贵的耕地资源,是生态环境效益与经济效益的最佳结合点。治理旱坡耕地上的水土流失主要有两条途径,即退耕还林还草和坡改梯。退耕还林主要是治理坡度大于25°的耕地水土流失。对于小于25°的坡耕地,按其坡度大小分期采取不同的措施:①对15°～25°的坡耕地采取"三改一套"的坡改梯模式治理。②15°以下的坡耕地,在有治理能力的地区,也尽量梯化,而治理能力不足的地区,可采取绿肥免耕聚垄、横坡耕作、地膜覆盖等农耕、农艺措施,减少水土流失。同时还要考虑当地人均基本农田的数量和人均口粮水平,决定应该改的地块。力争全省到2010年完成坡改梯面积41.33万 hm^2。

4)加强农田水利基本建设

贵州喀斯特地区山地面积大,基本农田少,后备耕地不足,喀斯特地表干旱频繁,农业生态环境容量小,抗灾能力弱。加强农田水利基本建设,是提高喀斯特地区生态环境支撑能力(供给能力)的重要途径之一。

(1)搞好基本农田保护和建设。包括以下内容:第一,保护好

基本农田。贵州人均耕地仅 0.053 hm^2,其中高产稳产的基本农田仅 0.033 hm^2,离人均约 0.066 hm^2 基本农田要求相距甚远。必须严格执行国家和省内有关基本农田保护法规条例,严禁乱占基本农田。第二,实施“沃土工程”。贵州目前耕层厚度大于 20 cm 的耕地仅占全省耕地总面积的 8.7%,应积极采用发展绿肥、秸秆还田和生物有机肥、有益微生物群体制剂利用等措施,培肥地力,争取到 2010 年实现沃土工程 46 万 hm^2。第三,改造中低产田土。贵州中低产田土占耕地总面积的 85.6%,其中旱坡耕地比重大,是全省中低产田土改造的重点和难点。要大力推广旱地免耕绿肥聚垄耕作法和旱地农业综合技术,稳定提高旱坡地的基础地力,同时加强对水田中的冷、烂、锈、酸、粘、瘦的改造,争取到 2010 年改造中低产田土 60 万 hm^2。

(2)加大农田水利建设力度。贵州 146.85 万 hm^2 水田中,有效灌溉面积仅占 43.1%,343.49 万 hm^2 旱地中水浇地和半水浇地仅占 1%,搞好农田水利建设、增加灌溉面积、提高单位面积产量有很大潜力。充分利用降雨和喀斯特上层滞水资源,修建集雨、集水工程以抗旱灌溉,与旱地农业相结合,解决贵州分散的旱坡耕地的灌溉问题,同时推广节灌技术。在已有水稻灌区大面积推广“薄、浅、湿、晒”节水灌溉模式。

5)加强城市和乡镇工业的污染治理

城市“三废”最终排向广大的农村,给生态环境带来危害,对农村生产造成损失,而随着农村乡镇工业的发展,污染也越来越严重。因此,要加强现有的工业污染治理,而更重要的是预防以后可能产生的新污染的扩大。

4.强化科技在生态建设与可持续发展中的支撑作用

生态建设与可持续发展是一项艰巨复杂的系统工程,在推进过程中还存在着许多重大的科学技术问题尚未解决。为少走弯路,必须进一步强化科技的先导和支撑作用。

1)科技应参与生态建设规划和可持续发规划

一个区域的生态建设规划和可持续发展规划制定是否科学和全面,直接影响其目标是否能够实现,是生态建设工作成败的重要原因之一。科技部门有责任参与规划的制定工作。

2)抓好已成功的"生态经济型"治理模式和技术的优化、引进和推广

(1)优化和推广成功模式。根据喀斯特不同地区的具体特点,因地制宜地全面推广喀斯特小流域综合治理与农林牧复合经营模式、寓生态建设于经济建设中的山地坡面综合整治的毕节模式、充分利用和保持水土资源的治理开发模式、区域经济整体治理开发的威宁模式、生态建设与(扶贫)发展工程相结合的普定模式、喀斯特石漠化山土地退耕还林与农民脱贫致富的花江模式等。

(2)大力引进、推广先进适用组装配套技术。生态建设与发展是西部各省区面临的共同问题,贵州除根据本省的具体特点,加大相关先进适用技术研究的同时,要注重其他省区的先进实用技术的引进。特别是经国内专家反复论证的以优质良种为首的先进适用技术的引进。在喀斯特地区把这些技术进行优化、组装、整合、试验和二次开发,推广到生态环境建设和生态农业建设中去,并把这些技术进行简化、精炼,编成简单易懂的操作手册(即"傻瓜技术")传授给农民,争取到2005年,科技进步对农、林、牧业增长的贡献率分别达到40%、35%和55%,2010年科技进步对经济增长贡献率达到50%以上。

3)构造现代生态环境治理技术体系,为生态环境建设提供技术储备

构建现代植被恢复技术体系,如防护林(草)空间配置与林分系统稳定的经营技术,退耕还林地速生丰产林营造技术,退耕还林地经济林(果、药等)规模栽培与开发技术,退耕还草地人工草地种植技术,喀斯特石山区生态系统恢复与经营技术。构建现代水土

流失防治技术体系,如以建设良好的旱坡耕地农田生态系统为目标的坡耕地水土流失综合治理技术,喀斯特坡面水利用技术等。以“两高一优”农业为目标,构建现代化农业高新技术体系,增加农、林、牧业的可持续发展后劲,如优良动、植物品种的引进、选育及其生产配套技术,喀斯特山地节水农业技术,喀斯特地区农、林、牧常见病虫害预测预报及防治技术等。加快特色农副产品加工、保鲜、储运技术和加工设备的引进、开发。

4)办好各类试验示范区

贵州喀斯特地区生态环境多种多样,应在全省选择5种主类型区(喀斯特县域、喀斯特峰丛峡谷区、喀斯特峰丛洼地、喀斯特峰丛山地、喀斯特峰林盆地),进行生态治理可持续发展试验示范区建设,把试验示范区建成科技含量高、综合效益好的“精品工程”,使之成为同类型区域中代表生态建设指导思想的示范榜样,以带动同类型区的生态建设与发展。

5)建立喀斯特地区资源环境信息与管理系统

贵州省内以典型喀斯特地区的定位观测资料和各种开发活动的动态监测资料为基础,利用3S技术(全球卫星定位、遥感和地理信息系统),结合计算机模拟,建立具有喀斯特地域特色的资源、生态环境信息与管理系统。具体包括:①建立喀斯特地区人口资源、环境与社会经济持续协调发展的评价指标体系;②根据喀斯特区生态环境结构、功能及演替规律,结合人类开发活动,建立喀斯特地区资源生态环境的动态监测、预测和预警系统;③在上述系统支持下,建立符合喀斯特山区社会经济发展、资源开发、环境保护与生态建设的决策管理系统。对生态变化、资源开发、灾害等进行动态监测、预测评估,及时为有关部门提供决策服务。

(二)基本保障

贵州喀斯特生态建设与可持续发展面临的问题多、难度大,是

一项十分艰巨复杂的任务，也是一项功在当代、利在千秋的宏大系统工程，涉及面广、问题多、任务重，其运作实施需要各级政府和部门的全力支持，需要充分利用行政、经济和法律手段进行调控管理，需要强有力的稳定健全的保障体系和优惠政策来支撑。

1.增强生态治理紧迫感，强化可持续发展意识

恩格斯早在100多年前在《自然辩证法》中就指出“美索不达米亚、小亚细亚以及其他各地居民为了想得到耕地，森林砍完了，但他们做梦也没想到，这些地方今天正因此而成为荒芜不毛之地”，这是极为深刻的教训。贵州虽然已把可持续发展战略列为全省三大发展战略之一，但省内不少地区仍沿袭着粗放经营的传统发展模式，资源的浪费和环境的破坏仍在进一步加剧。因此，必须进一步转变观念，提高对省情、县情、乡情的认识，增加环境意识和持续发展的紧迫感。首先是各级领导干部要转变观念，提高认识。喀斯特地区人地矛盾突出，其生态环境治理与可持续发展较其他地区面临的问题更多，难度更大，要解决这一造福子孙后代的世纪性工程，领导者的认识是关键。认识提高了，种种难度问题都可能迎刃而解，反之，生态重建与可持续发展就可能落空。其次，在全省广泛开展西部开发大讨论和开展可持续发展的宣传教育，如实介绍省情、县情、乡情，让人们了解生态治理，增强公众的环境意识和可持续发展的参与意识。

2.建立适合生态环境治理与可持续发展的组织保障体系

可持续发展涉及喀斯特地区各级政府和部门以及国民经济建设的方方面面，是一个庞大的系统工程，任务繁重、复杂，必须有强有力的组织保障体系，指挥协调运作实施和监督检查。建议国家在西部大开发中，成立生态建设与可持续发展指导委员会，负责制定喀斯特山区可持续发展所需的重大方针政策，组织制定总体规划、专项规划和实施计划，组织实施与可持续发展相关的重大项

目，协调喀斯特山区各省(市、区)各级政府在该领域的工作，用行政、经济和法律手段调控各地区各部门在可持续发展过程中遇到的各种问题，统筹兼顾、突出重点、分类指导，使喀斯特山区可持续发展与国家整体发展规划和长江、珠江流域发展规划相统一。贵州喀斯特区在进行生态重建时，各级党委、政府、有关部门要加强领导和指导，主要领导要亲自具体抓，各地区各部门要密切协作，克服地区和部门的局限，提供强有力的组织保障体系。

3. 建立可持续发展的政府宏观调控机制体系和公众的参与机制

生态建设是政府主导、社会参与的重大战略任务，要充分利用行政、经济和法律手段进行宏观调控。要统筹规划、突出重点、分批实施、分类指导，使不同县、乡、村或流域的生态建设与省的生态建设相一致，与社会经济发展规划相一致。一是要把人口、资源、生态、环境的协调发展列入全省国民经济和社会发展的中长期规划和年度计划，纳入各级政府的重要议事日程，确定工作重点，明确工作步骤；二是通过利益驱动政策引导调控，制定区域产业。

(1)建立适合喀斯特山区可持续发展的政府宏观调控机制。可持续发展作为一种整体的发展观，是经济、社会和自然子系统之间相互作用、相互制约、相互依赖的协调发展过程，需要综合运用各种手段适时调控、规划管理。调控的目标任务是使喀斯特山区的生态建设与可持续发展同长江、珠江流域综合开发和国家西部大开发战略相一致，与国家经济社会发展的“十五”规划和远景规划目标相协调，促进喀斯特山区各省(市、区)的协作联动，推动可持续发展科学技术支撑系统的研究、应用和示范推广，增强喀斯特山区各省(市、区)的可持续发展能力和后劲。

(2)加强可持续发展宣传教育，创建以可持续发展为价值取向的文化动力机制。喀斯特山区农村相对闭塞，农村中自给自足的小农文化意识根深蒂固。要通过创新文化动力机制培养人们的开

放意识、创新意识和生态环保意识，创造出以可持续发展为价值取向的社会文化价值体系：一是政府在政策、法律等方面要对经济社会可持续发展行为进行鼓励和支持，在实质性措施上给予奖励和扶持，通过这种良好的社会存在，突破人们原有的（传统的）发展意识观念；二是通过各种传媒，共同营造一种促进可持续发展的强烈氛围，对经济社会领域的各种非可持续发展行为进行鞭挞；三是广泛开展可持续发展宣传教育，增强人们可持续发展意识，使可持续发展逐渐成为喀斯特山区整体社会发展的价值取向，为喀斯特山区人们参与可持续发展做好思想观念上的准备。

(3)创建公共参与可持续发展的社会机制。公共参与是可持续发展从概念到行动的关键：一是加强可持续发展知识和技能的培训教育，尽可能地使每个人能够方便地获得保护资源和善待生态环境所需的知识和技能，从而促使人们的生活方式、经济行为发生变化，在整个喀斯特山区形成一种善待生态环境的行为模式；二是创新公众参与可持续发展建设的管理机制，政府在进行有关喀斯特山区生态建设与可持续发展的行政决策计划时，应尽可能地听取并采纳社会公众的意见，保证社会公众和有关利益群体参与综合决策的主要过程。

4.完善、落实与可持续发展相关的国家和地方性的法律条规体系

“有法可依”、“依法治理生态”是搞好生态建设、实现可持续发展的前提。在贵州生态建设过程中，除广泛深入地宣传、严格执行有关《土地管理法》、《森林法》、《水法》、《水土保持法》等法律的同时，还要根据贵州喀斯特地区的具体情况，制定配套地方性法规条例，如《荒山租赁开发条例》、《重点工矿区的土地复垦条例》、《资源环境的成本核算体系》、《企业活动与公众参与条例》、《生态多样性保护条例》等。同时，加大法律法规的实施监督管理，真正做到依法管理、保护生态。

只有通过建立健全可持续发展的法律保障体系，才能确定可持续发展战略在国家和地区发展中的地位，才能确定对可持续发展的宏观调控、微观管理、间接控制、直接管理等法律调整方式，才能保障国家或地区可持续发展步入规范化、法制化轨道。喀斯特山区作为法制建设相对滞后的地区，建立健全并落实与可持续发展相关的法律保障体系至关重要。除了要严格贯彻落实已出台的与可持续发展相关的国家法律法规，如《水土保持法》、《森林法》等，以及补充完善以现有若干法律为基础、各种行政法规相配合的国家法律法规体系外，还需做以下工作：

(1)制定完善并落实适应喀斯特山区可持续发展的地方性法律条规体系。完善喀斯特山区荒山荒坡开发管理条例，包括荒山荒坡的承包、租赁、产权转让等方面内容。研制出台喀斯特山区可持续发展重大项目管理办法，如重大(点)项目招投标管理办法；研究落实重大(点)项目特派稽查员制度，以填补目前喀斯特山区普遍存在的在重大项目管理方面的法制漏洞。清理废除与喀斯特山区可持续发展相抵触的原有的一些法律法规。

(2)加强喀斯特山区可持续发展的法律监督和法律服务体系。要把与可持续发展相关的法律法规条例的实施纳入司法和行政程序，保障司法和行政行为符合可持续发展原则。建立健全可持续发展法律法规条例的信息网络和法律咨询服务机构，拓宽可持续发展法律服务的领域和渠道，完善执法环境，加强执法监督。

5.制定实施有利于喀斯特山区可持续发展的优惠、激励政策

1)创新喀斯特山区人口控制的政策机制和人力资源有效开发的政策体系

喀斯特山区可持续发展的重点和难点都在农村，人地矛盾突出。控制人口增长、加快农村剩余劳动力资源的转移开发，对于减轻喀斯特山区人口对资源环境的直接压力、维护农村社会稳定、快

速增加农民收入、推动喀斯特山区农村可持续发展均有重要意义。具体措施如下：完善喀斯特山区人口控制机制和政策体系，建立健全农村社会保障体系，把社会保障网络扩大到农村的每一个家庭以切实解决农民的后顾之忧；完善贫困农村的帮扶政策；增强贫困农村的造血机能，切断“越穷越生、越生越穷”的恶性循环路径；创新控制人口增长的机制；多渠道提高人口素质；研制落实有利于喀斯特山区农村劳动力资源开发的政策体系，建立实施农村劳动力积累制度；完善出台扶持喀斯特山区小城镇发展政策；制定喀斯特山区农村剩余劳动力输出的鼓励与扶持政策。

2)构建喀斯特山区可持续发展的资源节约型产业政策体系

喀斯特山区普遍实行的是高消耗资源粗放型经济发展模式，这极不利于喀斯特山区的可持续发展。为此，需制定实施以下政策体系：

(1)构建节约型农业的产业化扶持政策。喀斯特山区存在可供农业生产利用的水土资源严重短缺、农村经济发展滞后、农业生态环境脆弱且日趋恶化等一系列严重问题，因此需制定优惠的扶持政策，支持以节地节水为核心的集约型农业的产业化经营。

(2)构建以节能、节材、低污染为中心的工业生产体系和政策。制定政府优先采购清洁产品的导向政策，促进电子电气等轻污染产业的发展，鼓励资源占用少的高科技产业的发展，加快对化工、造纸、火力发电等喀斯特山区优势传统产业的技术改造，制定环保产业发展的优惠政策等，培育喀斯特山区新的经济增长点的扶持政策。

(3)建立与喀斯特山区经济发展水平相适应的适度消费、勤俭节约的第三产业政策体系。如倡导绿色消费、发展福利型第三产业。

3)完善、落实符合喀斯特山区可持续发展要求的金融、财税政策

金融、财税政策对区域可持续发展影响极大，所以在制定修订实施金融、财税政策中，要及时对其进行可持续发展的科学评估，以支持喀斯特山区的可持续发展，尽量避免财政政策的失误。建立合理的财经补贴政策；研制开征生态税；制定有利于喀斯特山区生态环境保护方面的税收政策；设立实施治污税收抵免政策；建立环境损害责任保险制度。

4)建立和完善喀斯特山区资源、环境保护和综合开发利用的评价体系和政策

资源环境是可持续发展的基础，能否合理利用自然资源、保护生态环境、治理环境污染，事关一个地区的可持续发展后劲和潜力。

(1)推动资源合理价格体系的形成。要减少行政干预，按市场经济的原则推动喀斯特山区资源合理价格体系的形成，使资源的价格能充分体现自然资源的丰富度、稀缺性、供求关系和开发利用条件，以充分发挥价格机制对喀斯特山区资源优化配置的杠杆作用。

(2)生态建设运作机制的创新。生态建设是一项整治国土、改造山河的千秋大业，难度大、任务重、涉及面广，必须通过运作机制的创新，调动各方面的力量，科学地组织实施。对于大型生态环境项目，可采取业主承包的形式，由计划、农、林、水、牧等部门组成集团，也可由政府、社会、农民等不同成分构成的有限责任公司，承担造林、种草等生态建设工程。项目实施中采取集成与叠加，促进整体效益的显现。对于纯生态型的公益项目，应依靠政府行为，层层落实任务，实行以奖代补、以工代赈、投入配套、以资带劳等方式，用机制活力弥补资金的不足，用政策效应调动各方面的积极性。对经济效益比较高的生态建设项目，可支持、鼓励、引导公司企业或农民实行股份合作开发、合伙开发经营，形成“公司+农民”为主基调的经营开发方式，使社会力量和农民成为生态建设的主体力

量。

(3)生态建设的政策创新。包括:完善落实退耕还林还草的补偿政策;实施绿色原料基地建设和绿色农副产品的奖励政策;落实减少喀斯特山区粮食征购的政策;全面放宽放活荒山绿化开发的经营管理政策;建立环境成本核算评估指标体系,完善落实环境成本核算制度;严格实行新建、改扩建项目的环境影响评价制度,以防止造成新的生态破坏和环境污染;研制实施项目的排放总量审批制度和排污权交易制度。

6.建立健全可持续发展的投资创新机制与投入保障体系

喀斯特山区生态环境治理任重道远,社会发展严重滞后,要实现喀斯特山区经济社会与生态的持续快速协调发展,有赖于该区域生态环境的根本好转和基础设施的改善,而这些都需要大量的投资,需要构建新的投资机制和投入保障体系。贵州喀斯特地区生态环境保护要坚持国家、地方、集体、个人一起上,多渠道、多层次、全方位筹集资金的方针,逐步形成长期稳定的投入保障体系。

1)制定落实大流域生态建设补偿机制

地处长江和珠江两大水系上游的贵州喀斯特山区,既是中国贫困的集中区,又是南方最典型的生态脆弱区。而长江、珠江中下游地区则是中国经济相对发达区,由于上游喀斯特山区的生态建设投入大且具有公益性,而中下游地区会受惠于上游的生态建设。因此,在进行流域开发与治理活动时,应坚持协调互利的原则,上游多出力,下游多出钱,即从中下游地区经济开发所获效益中抽取一定比例用于补偿上游地区的生态建设,使流域上游喀斯特山区能与中下游经济发达区形成一种良性的经济与生态的互动关系,以促进整个流域长期稳定的持续发展。

2)建立喀斯特山区可持续发展的投资创新机制

喀斯特山区可持续发展面临的问题、难题比中国东中部其他地区更多、更复杂,要推进喀斯特山区的可持续发展进程,除需要

自然资源、劳动力等传统经济要素的投入和相对稳定的投资渠道，及逐渐增长的投资规模外，还需要投资体制、方向、方式、结构的优化创新。

(1)推进金融创新，建立全新的储蓄制度。针对喀斯特山区荒山荒坡多，绿化荒山、开发荒山的任务重、潜力大的特点，通过影子价格测算方法，研制绿色储蓄技术和途径，尽快出台可持续性综合储蓄(新型的环境储蓄、生态储蓄等)实施方案。采用投资折合的办法，以投资支持的方式鼓励企业的环境储蓄和生态储蓄行为。

(2)优化调整投资结构和方向。参照发达国家的基本经验，并根据喀斯特山区生态环境和经济社会发展的具体情况，优化调整对喀斯特山区的投资结构和方向。

(3)建立良好的资本转换和增值扩张机制。对喀斯特山区的投资既要考虑投资的直接产出效果，又要有助于喀斯特山区区域投资能力的形成和发展，要形成一种投资的滚动增值机制，建立起投资的积累和新投资的生成之间的良性发展关系。

3)建立强有力的投入保障体系

(1)加大国家和地方政府的投入力度。可持续发展是一项政府行为，针对喀斯特山区可持续发展所需资金严重不足的困境，国家和地方政府加大投入责无旁贷。建议国家在预算投资中，在支撑不发达地区资金、以工代赈资金、山区农业综合开发资金、生态建设资金等方面，提高划拨到喀斯特山区的比例。贵州喀斯特地区的生态重建与保护对长江、珠江流域生态环境影响重大，国家和地方政府要直接加大投入，并利用财政和金融政策引导资金投入。建议国家用预算投资中划出部分，支撑不发达地区资金增列部分、以工代赈资金划拨部分，长江中下游地区水电费中征收长江上游生态重建附加税(费)等，设立专项资金或基金，用于长江上游生态重建，通过无偿投入、贷款、贴息、参股合资等方式投入。地方政府在年度财政预算中要安排生态建设专项资金，与生态重建有密切

关系的部门也要增列生态重建资金，统筹安排，定向使用，滚动发展。对生态建设的技术开发成果推广、水利设施建设、林地草场建设，"三废"治理和综合利用等给予税收优惠。继续进一步减轻林农和营林单位的负担，扩大以工代赈，实行以粮代赈，解决农民退耕后的口粮和用钱问题。

(2)广开融资引资渠道。通过政府投资的带动、产业导向和优惠政策，鼓励引导国内外企业公司、个人、金融机构、社会团体等资金直接参与喀斯特山区的生态建设和优势资源开发项目的直接融资。建议国家政策性银行设立长江上游生态重建专项信贷；商业银行和其他银行增加生态建设贷款并延长偿还年限；保险机构对生态建设开展保险业务；筹建长江开发银行。积极争取利用外资，国外长期低息贷款和赠款要优先安排重大生态建设项目，对生态建设有中长期稳定收益的项目可采取 BOT 融资方式，外资投向生态项目的可实行税收返还政策。积极培育和发展生态建设的直接融资，股票上市要优先考虑生态建设企业和生态环保企业，在生态建设上实行债券融资，拓宽债券品种，放宽审批权限。组建不同模式的生态建设开发公司，对生态环保产业进行开发和经营。

(3)采取必要的项目倾斜。贵州喀斯特地区是全国生态环境恶化、少数民族聚居、贫困程度较深的地区之一，长期以来，国家投入偏少，经济发展滞后。在西部大开发中，建议国家在项目安排和资金投入上予以重点倾斜，多安排基础设施建设、生态建设重大项目，延长扶贫年限，在项目的地方资金匹配上降低比例，增加专项资金。

(4)动员和鼓励社会投资。按照"谁投资、谁经营、谁受益"的原则，通过政府投资的带动和优惠政策的吸引，引导企业、个人、社会团体等社会力量直接参与生态建设。充分利用农村剩余劳动力和在农闲时间组织群众开展生态环境建设，通过以奖代补政策，充分调动广大农民保护和建设生态的积极性。

4)设立喀斯特山区生态环境建设基金

以贵州为中心的西南喀斯特山区与中国北方的沙漠边缘带和黄土高原同属典型的生态脆弱带,生态环境退化严重,但北方的沙漠化治理和黄土高原的水土流失治理都有专项经费,而人口多(西南喀斯特山区有1亿多人口)、压力大、少数民族最集中、贫困面最大、生态债务沉重(西南喀斯特山区的水土流失和"石漠化"均十分严重)、对本地区和长江、珠江中下游地区可持续发展均有深远影响的西南喀斯特脆弱生态环境的治理却没有相应的经费。因此,有必要就喀斯特山区设立生态环境建设基金的可行性及对策进行研究,重点探讨基金的筹措、用途、监督、管理和效益评估与调控措施。

7.建立强有力的科技保障体系

生态建设与可持续发展是贵州喀斯特地区所面临的重大的长期的战略任务,为保证这一战略任务的顺利完成,必须加强科技能力建设,充分发挥科技在生态建设与可持续发展中的先导作用和支撑作用。

1)加强喀斯特地区地方自身科技能力建设

贵州喀斯特地区科技发展滞后,科技力量薄弱,科技投入少,自我造血能力差,科研条件差,现有科技力量难以满足生态建设与可持续发展之需要,必须加强地方科技能力建设,建立地方科技平台。可从以下几个方面加强喀斯特山区自身科技能力建设:

首先是增加必要的科技投入,使研究与发展经费在3年内达到本地GDP的1%,以加快地方科技基础设施和信息网络建设;其次是针对贵州现有科技人才不足和人才流失严重的状况,除加大本地青年科技人员的培养外,最重要的是稳定、用好、用活、用足地方现有的科技人员,在"感情留人"的基础上,尽量创造相对宽松的科技环境,靠事业留人,靠适当的物质待遇留人,多给现有科技人员进修、交流、升造的机会,以适应知识更新的需要,充分调动现

有科技人员的积极性；三是结合科技体制改革，构建地方科技体制和创新体系，在不增加科研机构个数和人员总量的前提下，优化重组贵州现有的科技力量和机构，如以长期从事喀斯特研究的贵州山地资源研究所等单位为主，联合地质地理、生态、经济等相关专业人员，组建“贵州喀斯特研究开发中心”或“贵州喀斯特环境与发展研究所”，针对贵州喀斯特地区人口资源生态环境与发展方面的问题开展研究、攻关、咨询，为政府决策提供服务；四是建立健全各类技术市场和以生产力促进中心为代表的科技中介服务机构，同时加强对农民的技术培训，促进科技与经济、生态的紧密结合。

2)积极开展国内外的科技合作与交流

(1)积极开展喀斯特山区可持续发展领域的科技合作、交流与贸易。引进可持续发展领域的管理和专业技术人才，弥补喀斯特山区科技能力的不足，提升喀斯特山区可持续项目的科技含量。引进适合喀斯特山区生态治理方面的国内外先进的技术，并加以吸收转化，学习借鉴国内外在可持续发展领域的先进经验、模式和可持续发展度量的技术标准体系等。

(2)开展科技联合攻关。就喀斯特山区生态建设与可持续发展领域的重大科技问题和关键技术开展联合攻关，明确各方职责、技术目标、成果归属、研究经费及进度安排等，建立起从协议合作到组织实施再到成果转换的“合作通道”，以求尽快解决喀斯特山区可持续发展面临的关键性的科技问题和技术。

(3)抓好“借脑工程”。除进一步加大人才引进力度外，还要制定各种灵活多样的政策，抓好“借脑工程”。如开展东西部“科技对口帮扶”工作；以省政府或省长名义聘请国内外知名专家为科技顾问，为贵州生态建设和社会经济发展出谋划策；就生态建设和经济发展中的某些重大科技问题，邀请国内外有关专家、留学生来贵州会诊、开展攻关等。另外，还要建立喀斯特山区科技对口帮扶机制体系。

四、发展规划与希望

根据贵州省人民政府1999年批准执行的、贵州省发展与计划委员会组织有关部门制订的《贵州省生态环境建设》,结合贵州省科技厅2000年制订的《贵州省"十五"可持续发展战略规划》、贵州省林业厅2000年制订的《贵州省2001～2010年退耕还林还草工程规划》、贵州省水利厅2001年制订的《贵州省水利科技发展规划》等,计划用大约50年的时间,举全省之力,依靠科学技术,加强对现有天然林及野生动植物资源的保护,以土地合理利用规划为基础,以小流域为单元,以水土保持为中心,以植树造林、封山育林、坡地退耕还林还草、坡土改梯土防治荒漠化为主攻方向,配套安排水利及乡村公路建设等基础建设,完成一批对改善全省生态环境有重要影响的工程,使全省水土流失地区基本得到整治,建立起较为完善的生态环境预防监测和保护体系,大部分地区生态环境明显改善,贵州基本实现山川秀美(图7-1,表7-1)。

表7-1　　贵州生态环境建设规划主要指标

指标＼年份＼区域	规划			
	分区	2010年	2030年	2050年
1 森林覆盖率/%	全省	38.0	45.0	50.0
	(1)乌江、赤水河	34.2	40.8	46.8
	(2)沅江	50.0	55.0	58.0
	(3)都柳江	50.0	58.0	50.0
	(4)南盘江、北盘江、红水河	34.0	42.0	48.0

续表

投标＼区域＼年份	规划			
	分　区	2010 年	2030 年	2050 年
1.1　植树造林面积/万 hm^2	全省	480	202.7	146.7
	(1)乌江、赤水河	220	88.1	65.7
	(2)沅江	84	41.4	28.7
	(3)都柳江	56	25.5	17.6
	(4)南盘江、北盘江、红水河	120	47.6	34.7
1.1.1　防护林面积/万 hm^2	全省	312	131.7	95.3
	(1)乌江、赤水河	143	57.4	42.7
	(2)沅江	54.6	26.9	18.7
	(3)都柳江	36.4	15.7	11.4
	(4)南盘江、北盘江、红水河	78	31.7	22.6
1.1.2　用材林面积/万 hm^2	全省	108	37.6	30
	(1)乌江、赤水河	51.7	16.4	13.5
	(2)沅江	16.3	7.7	5.9
	(3)都柳江	11.7	5.8	3.6
	(4)南盘江、北盘江、红水河	28.3	7.7	7.1
1.1.3　经济林面积/万 hm^2	全省	60	33.3	21.3
	(1)乌江、赤水河	25.3	14.3	9.6
	(2)沅江	13.1	6.8	4.2
	(3)都柳江	7.9	4.0	2.5
	(4)南盘江、北盘江、红水河	13.7	8.3	5.0
2　25°以上坡地的退耕面积/万 hm^2	全省	33.3	50.27	
	(1)乌江、赤水河	18.0	28.69	
	(2)沅江	4.9	1.46	
	(3)都柳江	0.3	0.37	
	(4)南盘江、北盘江、红水河	10.1	19.74	

续表

年份 区域 / 投标	规划			
	分区	2010年	2030年	2050年
3 草地建设面积/万 hm^2	全省	22.4	26.68	26.65
	(1)乌江、赤水河	12.13	12.68	12.68
	(2)沅江	4.7	5.22	5.21
	(3)都柳江	0.87	3.62	3.61
	(4)南盘江、北盘江、红水河	4.7	5.16	5.15
4 水土流失治理面积/万 hm^2	全省	203.2	358.8	50.0
	(1)乌江、赤水河	106.8	238.0	
	(2)沅江	18.7	50.7	44.0
	(3)都柳江	2.4	12.6	6.0
	(4)南盘江、北盘江、红水河	75.3	57.5	
5 基本农田建设 5.1 需坡改梯面积/万 hm^2	全省	93.35	29	
	(1)乌江、赤水河	58.32	15	
	(2)沅江	7.50	4	
	(3)都柳江	0.59	0.18	
	(4)南盘江、北盘江、红水河	26.94	6.82	
5.2 中低产田土需改造面积/万 hm^2	全省	74.3	129.7	129.81
	(1)乌江、赤水河	45.0	78.6	78.66
	(2)沅江	5.4	9.6	9.47
	(3)都柳江	1.0	1.6	1.74
	(4)南盘江、北盘江、红水河	22.9	39.9	39.94
6 基本农田保护区面积/万 hm^2	全省	394.3		
	(1)乌江、赤水河	236.6		
	(2)沅江	52.9		
	(3)都柳江	11.6		
	(4)南盘江、北盘江、红水河	93.2		

续表

指标＼年份＼区域	规划			
	分　　区	2010 年	2030 年	2050 年
7　自然保护区建设 7.1　自然保护区面积/万 hm^2	全省	77.7		
	(1)乌江、赤水河	39.1		
	(2)沅江	23.5		
	(3)都柳江	8.4		
	(4)南盘江、北盘江、红水河	7.3		
7.2　自然保护区个数[国家级、省级、市(县)级]	全省	153		
	(1)乌江、赤水河	64		
	(2)沅江	36		
	(3)都柳江	5		
	(4)南盘江、北盘江、红水河	48		

(一)天然林资源保护工程

根据《全国生态环境建设规划》,重点实施贵州长江流域天然林资源保护工程,以遏制并扭转长江流域日趋恶化的生态环境为总体目标,以天然林资源全面保护为前提,以恢复和扩大森林植被为中心,以乌江流域生态环境保护和建设为突破口,以封山植树等为主要内容,加大生态环境保护与建设力度,使贵州长江流域 169 万 hm^2 森林得到有效保护。其中 140 万 hm^2 天然林全部得到保护,调减木材产量 25 万 m^3,新增森林面积 186 万 hm^2,生物多样性得到有效保护。建立起与国民经济和社会可持续发展相适应的良性生态环境系统,为根治长江水患和保证三峡水利枢纽正常发挥效益,为促进区域经济发展和脱贫致富提供生态屏障。

将江河源头、干流、支流两岸及湖泊、水库周围及山脉顶脊部等生态环境脆弱地区的一定范围划定为禁伐区(地带),实行重点管护,禁止所有天然林及人工林采伐。对禁伐区实行重点投入,集

中治理区内水土流失地段,加快治理速度,优先安排坡耕地退耕还林建设,采取以封山育林为主的造林方式,加快宜林地的造林绿化进程。重点开展营造以水源涵养林、水土保持林、护岸林等为主的生态公益林建设,其主要功能是涵养水源、改善水文状况、调节径流量和防止水土流失、固土保土、减少进入江河湖泊的泥沙及防止泥石流、崩塌等自然灾害发生。

与禁伐区(地带)接壤的生态环境相对比较脆弱的地区划定为缓冲区(地带),实施一般性保护。禁止缓冲区内天然林的采伐,对其他林区根据可采资源状况进行经营择伐及抚育伐。采取人工造林、封山育林等手段,大力营造水土保持林、水源涵养林,兼顾发展薪炭林、一般用材林及经济林。主要功能是维护和改善生态环境,保持水土,并提供中小径材。

除禁伐区、缓冲区外的地区,地势较平缓、立地条件较好、对生态环境不产生重大影响的地区划定为商品林经营区(地带),采取集约经营的方式,以较少的土地和较短的周期,定向培育具有适度规模的以工业原料林为主的速生丰产用材林和经济林,以增加木材供给,提供市场所需林产品,培植林业新的经济增长点,使天然林资源切实得到保护。

(二)防护林体系建设工程

贵州长江中上游防护林工程和珠江上游防护林工程属全国十大防护林体系建设工程。目前,长江中上游防护林工程已启动20个县,建成防护林面积86万hm^2;珠江上游防护林工程启动了3个县,建成防护林面积1.86万hm^2。工程建设质量好,效益显著。受诸多条件的制约,贵州防护林体系建设实施速度和广度不够,远不能适应人类生存和社会经济发展的需求,严重影响可持续发展。

贵州防护林体系建设任务重、难度大。要坚持统一规划、合理布局、因害设防、分步实施、突出重点、因地制宜的原则,优化整体

功能，以恢复和扩大森林植被、提高森林覆盖率为主要内容，以防治水土流失、减少自然灾害、保护生物多样性为目标，为促进区域经济和社会发展、根治长江流域和珠江流域水患提供生态屏障。到2010年，贵州基本建成长江上、中游防护林体系和珠江上游防护林体系，长江流域防护林工程区营造防护林24万 hm^2，森林覆盖率达到38.8%；珠江流域防护林工程区营造防护林56万 hm^2，森林覆盖率达到34%，生态环境特别恶劣的乌江流域、南盘江、北盘江、红水河干流沿岸地区的生态环境好转。

贵州长江流域防护林工程重点治理县32个，珠江流域防护林工程重点治理县16个。第一期（1999～2003年）长江流域防护林工程营造防护林13.33万 hm^2，重点建设县除现已启动建设的20个县外，新增19个县、市、区（威宁、绥阳、正安、务川、沿河、印江、平坝、白云区、桐梓、习水、松桃、万山、施秉、三穗、黄平、台江、镇远、丹寨、都匀）；贵州珠江流域防护林工程，营造防护林23万 hm^2，除已启动建设的3个县外，新增13个县、市（贞丰、平塘、兴义、龙里、册亨、望谟、普安、关岭、镇宁、贵定、长顺、紫云）。

工程治理采取人工造林、人工促进天然更新造林、封山育林等营造方式。在乌江、沅江和珠江源头营造水源涵养林，在乌江上中游营造水土保持林，在江河两岸及苗岭山脉顶脊部宜林荒山面积大的地区营造生态－经济林，促进森林植被的有效恢复，建立多树种、多功能、多效益相统一的生态－经济型的防护林体系。

（三）退耕还林还草工程

根据1995年贵州森林资源二类调查结果，全省可供退耕还林还草土地资源为27 333.3 km^2，其中疏林地2 126.7 km^2、无林地12 440 km^2（不包括“天保林工程”安排飞播造林1 933.3 km^2）、陡坡耕地8 646.7 km^2、牧业用地1 800 km^2、石漠化地2 560 km^2。为实现贵州两江流域的生态环境明显改善，使工程区人口、经济、资

源和环境协调发展，向山川秀美的宏伟目标迈进，贵州省林业厅提出的《全省 2001～2002 年退耕还林还草工程规划》提出：

到 2005 年，陡坡耕地的退耕还林还草有计划、分步骤稳步推进，25°以上的坡耕地还林还草 3 333.3 km^2。新增森林面积 2 666.7 km^2，增加 1.5 个百分点，流域生态环境恶化的趋势得到初步遏制。

到 2010 年，25°以上的坡耕地还林还草 5 313.3 km^2，增加森林覆盖率 2 个百分点。水土流失和石漠化土地扩展基本得到控制，初步建立以防护林为主体的森林生态体系，促进省境内长江、珠江流域内林业生产持续、快速、健康发展和经济社会可持续发展。

按建设期：2001 年任务为 333.3 km^2。2000～2010 年，总建设任务为 27 333.3 km^2，其中在坡耕地还林还草 8 647.7 km^2、在宜林地营造林 16 886.7 km^2、在牧业用地还草 1 800 km^2。分两期实施：第一阶段 2000～2005 年，建设任务为 14 533.3 km^2，其中退耕还林还草 3 333.3 km^2、宜林荒山营造林 11 200 km^2；第二阶段 2006～2010 年，建设任务为 12 800 km^2，其中退耕还林还草 5 313.3 km^2、宜林荒山营造林 7 486.7 km^2。

按造林方式：飞播造林 2 586.7 km^2，封山育林 5 663.3 km^2。逐步推进石山、半石山的封山绿化，采取以封为主，辅以人工促进等措施，大力恢复林草植被，遏止石漠化扩展。人工造林种草 19 093.3 km^2，按照"退一还二"的原则，安排宜林荒山人工造林 8 646.7 km^2，加速宜林荒山荒地造林绿化。坚持从实际出发，因地制宜，采取"封、飞、造"、"乔、灌、草"结合的方式，使宜林荒山荒地植被全部得到恢复。在种苗规划中，近期拟建种子基地 9 个(正在进行改、扩建)，扩建面积 175.7 km^2，拟新建 6 个基地，其面积为 176.7 km^2。已建成林木种子冷库一座，现在苗圃只要加强基础设施建设，培育的苗木完全可满足退耕还林还草需要。

(四)水土保持工程

贵州水土流失面积 7.67 万 km^2,占幅员面积的 43.54%。年侵蚀总量 28 565.93 万 t。流失最严重的地区主要是长江上游的毕节、铜仁和遵义,珠江上游的六盘水和黔西南。全省已完成综合治理水土流失面积 1.55 万 km^2。贵州水土保持工作存在的主要问题是:治理进展缓慢、面上的破坏大于点上的治理;资金短缺、陡坡地退耕难度大。

水土保持工程:按小流域综合开发规划设计,工程措施、生物措施和农业保土耕作措施有机配置,对目前的水土流失全面进行治理,土地利用结构趋于合理,逐步形成多功能的综合防护体系。其中:在 1999～2010 年期间,对主要干流集中连片的强度以上水土流失地进行治理,完成治理水土流失面积占水土流失面积的 33.2%;2010～2030 年,对主要支流的水土流失地进行治理,综合治理水土流失面积占水土流失面积的 58.62%;2030 年到 2050 年治理水土流失面积占水土流失面积的 8.18%。

水土流失重点治理区:乌江流域,南盘江、北盘江流域,赤水河流域,牛栏江、横江、舞阳河流域,锦江流域。该区以治理水土流失为主,实行全面规划,建立水土流失综合防治体系,在实施重点治理的同时做好预防监督和保护工作。

水土流失重点监督区:南盘江、北盘江中上游,乌江上游;乌江中游的贵阳、黔南等地。该区以防止因采矿、修路、建厂、采石、取土等开发建设活动造成水土流失为主,在促进经济建设和发展的同时,采取有效措施,防止人为水土流失。

水土流失重点预防保护区:都柳江、红水河、沅江、清水江流域的植被较好地区。该区以保护自然植被,防止乱砍滥伐和陡坡垦殖为主,制定有关管护制度,同时积极开展局部地区水土流失的治理工作。

(五)喀斯特石漠化生态重建工程

喀斯特石漠化(即喀斯特荒漠化、石化)是贵州生态环境方面的一个突出问题,它与人们熟知的沙漠化同为土地劣化演变的极端形式。喀斯特石漠是在喀斯特极其发育的自然环境背景下,受人为活动的干扰破坏,以水的侵蚀作用为主引起土壤严重侵蚀,基岩大面积裸露所造成,其环境质量严重下降。在喀斯特山区生态环境严重恶化的荒漠化土地进行生态重建,以造林、营林发展森林资源,保护、恢复和扩大林草植被覆盖为主要内容,以减少水土流失和治理喀斯特石漠化为重点,恢复和改善生态环境,提高抗御自然灾害的能力,改进农业生产条件,为区域经济发展和广大农民稳定脱贫致富,为长江、珠江流域及三峡库区的长治久安提供良好的生态屏障。

重点治理的区域为:以县(市)级行政区为单元,喀斯特荒漠化土地面积在 2.67 万 hm^2 以上或喀斯特荒漠化率在 10% 以上的区域;地处乌江和北盘江源头的区域;地处大江大河两岸,主要铁路、公路沿线区域;地处偏僻、交通不便,生态环境特别恶劣,经济特别落后,特别贫困的区域。下列 42 个县(市)为建设重点:毕节、威宁、黔西、大方、纳雍、赫章、水城、盘县、六枝、紫云、关岭、普定、镇宁、安顺、安龙、兴义、普安、晴隆、贞丰、望谟、册亨、平塘、罗甸、惠水、长顺、福泉、独山、沿河、德江、思南、石阡、江口、仁怀、正安、桐梓、红花岗、岑巩、黄平、麻江、凯里、修文。

重点治理地区用 11 年的时间治理面积 225.8 万 hm^2,完成人工造林 76.73 万 hm^2(退耕还林 28 万 hm^2)、封山育林 149 万 hm^2,使建设范围内的森林(含灌)覆盖率提高 14 个百分点,解决由于植被不足造成的水土流失和土地石漠化问题,有效控制流入江河、水库的泥沙量。

第一期(2000～2005 年)治理面积 109.6 万 hm^2,其中人工造

林 37.27 万 hm^2(退耕还林 14 万 hm^2)、封山育林 72.33 万 hm^2。通过治理,新增森林(含灌)覆盖率 7 个百分点,减少流入江河、水库的泥沙量 2 800 万 t/a,新(改)建良种基地 0.8 万 hm^2,新(改)建中心苗圃 21 个,改灶 60 万户,加强森林保护和林业社会服务体系建设。

第二期(2006~2010 年)治理面积 116.2 万 hm^2,其中人工造林 39.5 万 hm^2(退耕还林 14 万 hm^2)、封山育林 76.6 万 hm^2。通过治理,减少流入江河、水库的泥沙量 3 200 万 t/a,新(改)建良种基地 0.53 万 hm^2,新(改)建中心苗圃 20 个,改灶 50 万户,进一步加强森林保护和林业社会服务体系建设。

工程建设主要内容为人工植树和封山育林,同时加大改灶节柴力度,有条件的地区采取坡改梯等工程措施与之配合。在治理区内,根据陡坡耕地情况、石漠化程度及地类的不同具体采取措施。石山:此类型岩石裸露率达 70%以上,土壤极少,宜以封山育林育草为主。白云质砂石山:此类型土层极薄,一般不超过 2~3 cm,以砂粒、石粒为主,立地条件很差,宜以封山育林育草为主,有条件的地段,采取人工植树后封山育林。半石山:此类型岩石裸露率在 30%~70%,土壤少、土层薄,宜在立地条件较好的地段采用人工造林,条件差、岩石裸露率较高的地段采取封山育林。石旮旯土:此类型与半石山相似,但由于已开垦种植作物,水土流失严重,石漠化速率高,宜采用农林复合经营的方式,增加植被覆盖,控制水土流失。25°以上的坡土:此类型土层薄,石砾多,水土流失最严重,石漠化潜在危险最大,可采取以人工造林为主、封山育林为辅的措施,逐步退耕还林或实行农林复合经营。工矿型石漠化土地:此类型系由于开采矿石而产生的含有大量砂石的石漠化土地,宜根据条件分别采用人工造林和封山育林育草措施。

(六)生态农业建设工程

贵州农业生态工程建设,以实现农业资源可持续利用为目标,以加强水利设施建设、保护基本农田为基础,以坡耕地和中低产田改造为突破口,以小流域为单元,合理布局山、水、田、土、林、草、果,实施农村能源环保建设,加大科技推广力度,大力推进有机农业,走生态、粮食、经济、人口协调发展的路子。

1.基本农田建设

1)沃土工程

贵州目前人均占有耕地仅0.08 hm^2,旱地多、稻田少,稳定高产稻田仅占41%,大于20 cm耕层耕地仅占全省耕地面积的8.7%。到2010年,实施沃土工程46万 hm^2,采用发展绿肥、秸秆还田和生物有机肥有益微生物群体制剂利用等综合措施,强化地力建设,提高土、肥、水、资源利用效率。

2)坡改梯

全省耕地中,自然坡度在6°～15°的坡耕地有97.8万 hm^2,15°～25°的坡耕地有112.4万 hm^2。坡改梯工程布局在15°～25°之间的耕地进行,努力做到"稳、平、厚、实"。到2010年,采取工程措施和生物梯化措施完成坡改梯建设面积41.33万 hm^2。

3)中低产田土改造

全省中低产田土占耕地面积的85.6%,其中旱坡耕地比重大,是贵州中低产田土改造的重点和难点。要推广旱地免耕绿肥垄作法和旱地综合农业技术,稳定高产耕地基础地力。要加强对冷、烂、锈、酸、粘、瘦中低产田土改造。到2010年,改造中低产田土60万 hm^2。

4)节水农业

贵州山高坡陡,旱耕地面积大,水土资源分布极不均衡,耕地多在河流的源头和河流中、下游的两岸高台地上,灌溉面积比重

低。146.85万hm^2水田中、望天田占43.2%,有效灌溉面积仅占43.1%;旱地面积343.49万hm^2,水浇地和半水浇地仅占$1/10^4$。大力发展节水型农业,增加灌溉面积,提高单位土地面积产量的潜力极大。要充分挖掘现有水利工程的潜力,积极发展旱地灌溉,切实抓好节水重点县和高标准示范区的建设,带动全省节水农业的发展。到2010年,新增、改善节水灌溉面积42万hm^2。

2.草地建设

贵州草地资源丰富,现有牧草地169.65万hm^2,未利用荒草地55.5万hm^2,草质差,产草量低。要结合陡坡耕地的退耕,充分利用宜牧荒地,以人工种草和改良草地为重点,大力提高草地覆盖率和草地生产力。到2010年,利用荒山荒地和退耕还草54.6万hm^2,草地改良和人工草地建设22.4万hm^2。

3.园地建设

全省现有果、茶、桑树等面积7.37万hm^2,低产园地比重高,园地发展潜力,尤其是亚热带果园、茶园发展潜力大。要大力发展园地,加强低产园地的改造和引进品种改良。到2010年,在乌江及赤水河、南盘江、北盘江、都柳江、沅江等主要流域发展果、茶、桑园17万hm^2,建设一批优质生产基地。

4.农村能源环保建设

贵州煤炭资源分布不均,农民生活用能主要以薪柴为主,农村能源供需矛盾突出。要实施以沼气建设为主要内容的能源生态建设。到2010年,在乌江、南盘江、北盘江、都柳江等主要流域的思南、印江、纳雍、镇远、普定等52个县建设农村户用沼气池46万口,使沼气在农户中的普及面达到5.1%。同时,积极进行农村电力建设,促进农村能源结构合理变化。

5.生态农业示范建设

在乌江、南盘江、北盘江、都柳江等主要流域开展生态农业示

范建设。到2010年完成40个生态农业示范县的建设,首批启动镇宁、施秉、松桃、天柱、普定、水城、思南、镇远、印江、习水、贵定、纳雍、黔西、白云区等12个县(区)的建设。生态建设示范县要采取综合措施因地制宜,突出重点,抓好水产工程、庭院经济工程、环保能源工程以及生态农业,建设一批农畜产品生产基地。

(七)风景名胜区与世界遗产申报工程

贵州几乎发育有世界大陆冰川除外的所有喀斯特形态,这些造型各异的喀斯特形态以及以喀斯特环境为依托的丰富多彩的民族文化,为贵州提供了丰富的喀斯特旅游资源与世界遗产被选地。

兴义万峰林由许多浑圆状的喀斯特山峰组成,山上覆盖了各种各样的喀斯特森林植被,山间谷底种植着水稻,传统的布依族石板寨掩映其间。万峰林临近引人入胜的国家级风景区马岭河峡谷,峡谷由数百个大大小小的瀑布组成。数百年来,布依族人日出而作、日落而息,迄今保存着完好的少数民族传统文化,构成了典型的中国南方风俗文化景点。该地区为省级风景区,目前正朝着国家级风景区的目标努力。贵州旅游发展总体规划认为该地区符合世界文化遗产名录的下列标准:具有独特的,或证明至少是特殊的文化传统;具有突出的传统居住方式,或代表某种文化的土地利用方式,其生态环境脆弱;当地工艺品确实在设计、选材、工艺或制作上有其特有的特征;特定的文化景点需采取适当的立法保护或具有传统的保护管理机制。

织金县的织金洞是中国最大、亚洲第二大的溶洞,绵延13 km,最高处高达150 m。洞内分布有喀斯特洞穴的所有形态,例如:卷曲石,此种独特的喀斯特类型在世界其他地区均未有所耳闻。织金洞景区喀斯特地貌占地面积为28 500 hm^2,属国家级风景名胜区。贵州旅游发展总体规划认为,此区域符合世界遗产名录的下列标准:堪称地球历史某一重要时期的杰出代表,重要的地

形发育的地质形成过程，重要的地形、地貌学价值，具有极为特殊的自然现象或是极具美学价值的天然美景。此区域满足世界遗产名录的所有 6 项标准。

（八）自然保护区建设工程与世界遗产申报工程

根据贵州的实际情况，从抢救的角度出发，对现存的原始林区，对长江、珠江防洪和水土保持有重要意义的、生态环境较好的区域和容易受到人为活动破坏的典型环境建立自然保护区。到 2010 年，贵州共建不同类型、不同级别的自然保护区 153 个，总面积为 783 819 hm^2，约占全省国土面积的 4.45%。重点自然保护区与世界遗产申报点有：

茂兰喀斯特森林是一个典型的喀斯特森林生态系统，涵盖了所有重要的天然喀斯特地貌，包括浑圆状的喀斯特山峰、瀑布、洞穴和暗河。茂兰喀斯特森林占地面积为 21 185 hm^2，森林中生活着许多珍贵的飞禽走兽。此处的自然环境得到了很好的保护。同时，它也是一个重要的生物保护基地，并作为国家级自然保护区，业已加入联合国教科文组织人与生物圈项目。茂兰喀斯特森林被称为世界上保护最好的喀斯特森林，贵州省人民政府已经组织了委员会专门负责其世界遗产申报工作。贵州旅游发展总体规划认为此区域符合世界遗产名录的下列标准：具有极为特殊的自然现象或是极具美学价值的天然美景；具有极为重要的天然栖息地，在生物多样性的原产地保护方面极富价值，包括那些在全球科研、保护方面有特殊价值的珍稀植物。此区域满足世界遗产名录的所有 6 项标准。

保留有大片常绿阔叶林的雷公山、月亮山、太阳山、斗篷山、锯子山等为近期保护重点。雷公山还是清水江、都柳江的分水岭和水源补给地。月亮山、太阳山是都柳江支流的源头，锯子山是乌江支流的水源涵养林区。

龙里亮山、五里坪、平山和贵定耳山等台地是贵州湿地的一种重要类型，处于长江水系和珠江水系分水岭位置，海拔1 600～1 700 m。几十平方千米的台地顶部十分平缓，岩层倾角接近0°，岩层上是0.5～1.5 m厚的泥炭藓，对水源涵养具有重要作用。一旦泥炭藓消失而丧失了含水的功能，露出大面积石板后，生态环境几乎不能恢复，因而急需采取措施加强保护。

位于南盘江、北盘江之间的龙头大山是这一区域的最高峰和许多河流的发源地，仙鹤坪常绿阔叶林区内物种丰富，它们是南盘江、北盘江、红水河水源涵养和水土保持的重点。

红水河谷是贵州境内惟一具有南亚热带气候的特殊区域，残存的天然河谷季雨林区是热带植物分布最北的“飞地”，备受科学界的重视。区内分布的珍稀植物具有特色，还是国家二级保护植物心叶规木的模式产地，是记录在《中国生物多样性保护行动计划》白皮书中重要的生物多样性保护区域。区内的罗甸罗羊、望谟渡邑、册亨见江、安龙停西沟谷季雨林均是近期完善和建设的重点。

兴义顶效贵州龙化石是贵州稀有的特产，比欧洲发现的同类动物化石更具有特殊性和原始性，是中国已知海相地层同时发现三叠纪爬行动物和鱼化石的产地，在世界上绝无仅有。瓮安的动物群遗迹是迄今世界上发现的最古老的多细胞动物化石，是探索地球早期生命演化的重要区域。

(九)环境保护产业工程

为了支持和推动中国环保产业的发展，国务院先后颁发了《国务院关于当前产业政策要点的决定》和《关于积极发展环保产业的若干意见》，提出在产业结构调整中把环境保护产业列入优先发展的领域。同时要求“发挥专业经营效益和规模经济效益”，推广成套承包服务模式，把大力推进科技进步，积极发展环保产业工作作

为环境与经济发展的十大对策之一。贵州环保产业状况和市场要求，近期发展的重点：一是切实把环保产业纳入国民经济和社会发展计划，根据市场要求搞好产品结构调整；二是继续开发和生产工业废水、生活污水处理设备，着重解决造纸厂废水；三是开发和生产先进的除尘、脱硫、脱硝装置；四是研制城市生活固体垃圾和工业固体废物的综合回收利用和无公害化成套处理设备；五是继续生产先进的隔音控噪设备，以及环保仪器和环保药剂；六是研制开发无公害农药、化肥和生物肥料。

到2005年，以防治污染和水污染为重点，加快水质净化成套设备的生产技术改造，为城市污水集中处理和工业企业废水处理提供先进的净化设备。加快二氧化硫治理，尤其是火电厂二氧化硫治理技术设备的开发研制，及引进技术设备的消化吸收。重点扶持汽车尾气净化、二氧化硫治理设备、城市及工业污染治理设备的研制和生产技术改造。

“十五”期间贵州全省环境保护工作要以改善环境质量为核心，依靠经济增长方式的转变和科学进步，坚持污染防治和生态保护并重，突出重点领域和重点区域，加强综合协调和分类指导，促进工业生产清洁化，提高城市发展的可持续性。积极参与全球环境保护合作，切实保障国家环境安全，全面促进社会、经济和环境的可持续发展。

到2005年，建立适应社会主义市场经济体制的环境保护政策法规和管理体系，力争环境污染和生态环境破坏的状况有所减轻，重点城市和流域、区域的环境质量得到改善。2015年，生态环境恶化的趋势基本得到遏制，城市环境质量有比较明显改善，建成若干经济快速发展、环境清洁优美、生态良性循环的城市和地区。

实现环境保护“十五”计划目标的主要标志：全面巩固和提高“九五”期间“一控双达标”的成果，二氧化硫、浮尘和化学耗氧量等主要污染物排放量比2000年减少5%。贵阳环境空气质量两城

区达到国家二级标准,其他区域环境空气质量按功能区达标。河流城区段达到地表水环境质量Ⅲ类标准,其他地表水按功能区达标。安顺和红花岗的城区二氧化硫达到二级标准,其他区域环境空气质量主要指标按功能区达标。都匀、凯里、兴义、六盘水、毕节、铜仁等城市环境空气质量按功能区达到标准,流经上述城市河流的城区河段按功能区达标。红枫湖、百花湖水质按功能区达到地表水环境质量标准;北盘江水质明显改善,出境断面主要水质指标达到Ⅲ类水质标准;乌江干流水质按规定功能区划达标,出境断面主要水质指标保持Ⅱ类标准;㵲阳河、锦江、都柳江、清水江干流水质指标按规定功能区保持和达到Ⅱ、Ⅲ类标准。

(十)防灾减灾技术开发工程

贵州特有的地理、气候与社会经济特征,决定了贵州是洪涝灾害严重的省份。全省受洪涝灾害威胁的县城以上城市共有48座,主要铁路、公路等国民经济基础设施和许多工矿企业受到洪水威胁。每年防汛抢险负担重、压力大,遇大洪水时,有可能严重干扰贵州正常的社会经济秩序。在经济快速发展的新形势下,现有防洪体制难以适应社会日益增长的防洪安全保障需求,而未来水利工程建设的难度越来越大,涉及的社会、经济、技术、环境问题也越来越复杂。同时,贵州的旱灾也经常发生,给农业生产造成很大损失,也使许多地区人、畜供水不能保证。

到21世纪中叶,贵州水利发展的远景目标之一是"建立较为完善的防洪安全保障体系,提高抗御内涝的能力,基本保证主要防洪保护区的防洪安全"。防灾减灾在相当程度上将依赖于科技进步,包括以下内容:

(1)流域防洪规划理论及防洪安全保障体系研究。综合考虑流域社会经济、生态环境、雨洪特征等因素,分析确定流域防洪工程系统的综合防洪能力;确定工程措施与非工程措施相结合的综

合性防洪体系的减灾效益；将洪水风险分析的方法引入防洪规划，协调流域上下游、左右岸、干支流的利害关系，开展基于风险分析的防洪规划方法研究；对规划实施顺序进行优化分解，加强规划中涉及的大量基础信息的管理与分析技术。信息管理与分析技术研究包括辅助防灾减灾决策的基础信息管理系统的开发，系统内部信息的交流与接口关系研究，“3S”等高新技术在决策支持系统中的应用，各种应急预案的研究，洪水仿真技术、情景分析技术的开发，并在此基础上开发防洪决策支持系统。构思和论证适合贵州省情的防洪安全保障体系的基础框架，建立洪涝灾害风险管理理论与管理体制，开发适宜的风险决策支持技术，探讨防洪减灾的社会经济政策。

(2)城市防洪研究。研究贵州省城市化进程与城市防洪体系建设的相互影响关系；城市型水灾害的基本类型、特征与防治对策；城市综合性防洪体系的管理体制、投资渠道、规划建设与管理维护的运作机制；城市防洪新技术等。

(3)旱灾灾情评估及防治技术。运用高新技术提高旱灾灾情监测、预报的准确性；开展城市缺水对策与措施研究，建立节水型社会的推动机制；开展防旱规划的基础理论与方法研究，防旱工程措施和非工程措施的作用和减灾效益研究，特大旱灾的应急预案研究。

(4)灾害经济研究和洪涝灾害灾情评估。建立具有双向制约机制的灾情评估体制，开展大尺度快速灾情评估新技术，建立不同结构的社会经济体系与致灾因素的耦合关系与响应机制，探讨防灾投入、减灾效益与社会经济实力三者之间的相互联系与制约关系，以及加强防洪减灾的各种社会经济政策的研究。

(5)重大水灾害的应急抢险技术。开展洪水灾害的应急抢险体系研究；堤防快速堵口及各类险情处置的新设备、新材料与新技术研究；汛期堤坝险情快速探测技术；堤防抢险应急方案的决策技术。

参 考 文 献

1 杨明德,等.贵州省农业地貌区划.贵阳:贵州人民出版社,1989
2 韩至钧,金占省.贵州水文地质志.北京:地震出版社,1996
3 王克勇.贵州陆相上第三系新知.贵州区域地质,1983,14
4 林树基,刘爱民.中新生代板块活动与贵州地貌之演化.贵州地质,1985,2(2):123~130
5 夏伟生.人类生态学初探.宁夏:甘肃人民出版社,1984
6 熊康宁.贵州锥状喀斯特发育对新构造运动的响应.贵州地质,1996,13(3):167~173
7 贵州区域地理信息项目领导小组.贵州地理信息数据集.贵阳:贵州人民出版社,1996
8 万国江,等.碳酸盐岩与环境(卷一、卷二).北京:地震出版社,1995;2000
9 李菁,何才华,等主编.石灰岩地区开发与治理.贵阳:贵州人民出版社,1996
10 国家环境保护局.中国环境保护21世纪议程.北京:中国环境科学出版社,1995
11 国家环境保护局,国家计划委员会.中国环境保护行动计划.北京:中国环境科学出版社,1991;1994;2000
12 贵州省环境学会.贵州喀斯特环境研究.贵阳:贵州人民出版社,1988
13 袁道先,蔡桂鸣.岩溶环境学.重庆:重庆出版社,1998
14 黄威廉,屠玉麟,杨龙.贵州植被.贵阳:贵州人民出版社,1988

15 熊康宁,黎平,周忠发,等.喀斯特石漠化的遥感~GIS典型研究——以贵州省为例.北京:地质出版社, 2002
16 邹成杰.水利水电喀斯特工程地质.北京:水利电力出版社,1995
17 屠玉麟.环境敏感度方法在《贵州喀斯特植被环境预测》中的应用.环保科技,1987(2)
18 杨明德.论喀斯特地貌地域结构及其环境效应.贵州喀斯特环境研究.贵阳:贵州人民出版社,1988
19 朱守谦.喀斯特森林生态研究(Ⅰ、Ⅱ).贵阳:贵州人民出版社,1993;1997
20 刘国城,等.生物圈与人类社会.北京:人民出版社,1992
21 李大通,等.中国碳酸盐岩分布面积测量.中国岩溶,1983,2(2,3)
22 贵州省计划委员会.贵州国土资源.贵阳:贵州人民出版社,1987
23 贵州地方志编纂委员会.贵州年鉴.贵阳:贵州人民出版社,1985~2001
24 贵州省民政厅.贵州省自然灾害年表.贵阳:贵州人民出版社,1992
25 谷树忠.坡改梯的损益分析.自然资料学报,1999,14(2)
26 彭贤伟.贵州生存条件恶劣的喀斯特环境与区域贫困.经济地理,1997(5)
27 吕左.中国贵州人口研究.贵阳:贵州教育出版社,1999
28 刘产随.土地类型结构格局与山地生态设计.山地学报,1999,17(2)
29 熊康宁.贵州喀斯特地区的环境移民与可持续发展.中国人口·资源·环境,1999,18(2):64~67
30 杨胜天.贵州典型喀斯特环境退化与自然恢复速率.地理

学报,2000,55(4)： 459～467

31 安裕伦.贵州高原水土流失及其影响因素研究.水土保持通报,1999,16(2):47～52

32 冷疏影,刘燕华.中国脆弱生态区可持续发展指标体系框架设计.中国人口·资源·环境,1990,9(2)

33 卢耀如,等.岩溶水文地质环境演化与工程效应研究.北京:科学出版社,1999

34 杨明德.喀斯特洞穴旅游资源特性与开发保护.中国岩溶,1998,17(3):187～195

35 张玉珍,等.太行山区可持续发展模式的初步设想.生态经济,1999(4)

36 王克林,章春华.湘西喀斯特山区生态环境问题与综合整治战略.山地学报,1999,17(2)

37 章家恩,徐琪.现代生态学研究的几大热点问题透视.地理科学进展,1997,16(3)

38 蓝安军.喀斯特石漠化的驱动因子分析——以贵州省为例.水土保持通报,2001,21(6):19～23

39 容丽.贵州生存环境恶劣的喀斯特地区环境移民意愿与扶贫思考.中国岩溶,1999, 18(2):190～196

40 何毓成,等.长江上游环境特征与防护林体系建设.成都:四川科技出版社,1992

41 中国科学技术协会,中国工程院,陕西省人民政府.中国西部生态重建与经济协调发展学术研讨会论文集.成都:四川科学技术出版社,1999

42 熊康宁.贵州麻山地区县域喀斯特空间经济系统结构特征及演变动力.经济地理,1998,18(6)

43 韩德乾,等.依靠科技促进农民增收、农村稳定.北京:中国农业科技出版社,1999

44 刘家彦.中国贵州生态环境.贵阳:贵州教育出版社,1999

45 苏孝良.西部开发中贵州喀斯特生态区的可持续发展.贵州林业科技,2000,28(4):52～59

46 Sweeting, M. M. Limestone landscape of South China. Geology Today,1986(11)

47 D. Ford, P. Williams. Karst geomorphology and hydrology. London: Unwin Hyman, 1989

48 Yang Mingde. Geomorphological structure of karst drainage basin and the effect hydrology. Carsologica Sinca,1992

49 Xiong, K. N. Morphometry and evolution of fenglin karst in the Shuicheng area, western Guizhou, China. Z. Geomorph. N. F. 1992, 36(2)

50 Zhang Yingjun, Yang Mingde, ect. Karst geomorphology & environmental implication in Guizhou. Cave Science, 1992(1)

51 Xiong Kangning, Zhu Wenxiao. Karst geomorphology and speleogenesis of the Zhijin Cave area. Caisologica Sinica, 1994(3):281～292

52 Yuan Daoxian. Rock desertification in the subtropical karst of South China. In: Webmaster. Copyrights by Karst Dynamics Laboratory and Network Center of Guangxi Normal University, 1995～1999

53 Yang Mingde. The characteristics of cave development in the karst gorge districts of Guizhou, China. Proceedings of the XI International Congress of Speleology, Beijing. 1993

54 Yuan Daoxian. Karst environmental systems. Proceedings of the international geographical Union Study Group. Man's Impact on Karst, 1989:149～163

后　记

《喀斯特的呼唤与希望——贵州喀斯特生态环境建设与可持续发展》一书是在贵州省科技厅下达的贵州省“九五”攻关项目“贵州喀斯特生态环境治理与可持续发展研究”[黔科合社字(1998)1156号]研究报告的基础上，在对贵州省跨世纪科技人才专项基金项目“贵州——世界典型喀斯特区资源开发的环境效应与可持续发展”[黔科合人专字(2000)9808号]部分研究成果的进一步充实后，修订成稿。

本书《前言》由贵州省科技厅高贵龙副厅长执笔，第一章、第二章由贵州师范大学熊康宁教授执笔，第三章由贵州省山地资源研究所邓自民研究员、贵州师范大学熊康宁教授执笔，第四章由贵州师范大学杨明德教授执笔，第五章由贵州师范大学屠玉麟教授执笔，第六章由贵州师范大学熊康宁教授、贵州省科技厅苏孝良副处长、贵州省山地资源研究所邓自民研究员执笔，第七章由贵州师范大学熊康宁教授、贵州省山地资源研究所苏维词研究员、贵州省科技厅苏孝良副处长执笔。最后由熊康宁教授统稿、修改并附照片，高贵龙副厅长、邓自民研究员、何刚处长、苏孝良副处长审稿修订。

本书在编写过程中，得到了贵州省科技厅的指导以及贵州师范大学和贵州科学院的支持，并提出了许多指导性的意见。贵州省山地资源研究所张凡和贵州师范大学资源与环境科学系林俊清赶绘了图件，贵州师范大学资源与环境科学系罗税、刘子琦、龙俐承担文稿和图件的整理、编辑和GIS制图，在此一并深表感谢。

由于我们的水平、经验和掌握的资料有限，书中错误和缺点在所难免，敬请读者批评指正。

[General Information]
□□=□□□□□□□□□ □□□□□□□□□□□□
□□□□□
□□=□□□□□□
□□=260
SS□=12867091
DX□=
□□□□=2003.04
□□□=□□□□□□□

[illegible]
[illegible]
[illegible]
[illegible]
[illegible]
[illegible] [illegible]——[illegible]“[illegible]”[illegible]
[illegible]
[illegible] [illegible]——[illegible]
[illegible]
[illegible]
[illegible]
[illegible]
[illegible]
[illegible] [illegible]——[illegible]“[illegible]”
[illegible]
[illegible]
[illegible]
[illegible]
[illegible] [illegible]——[illegible]
[illegible]
[illegible]
[illegible]
[illegible]
[illegible]
[illegible]
[illegible] [illegible]——[illegible]
[illegible]
[illegible]
[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible] [illegible]——[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible] [illegible]——[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]